

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE**  
**LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

*Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.*



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

*En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie*

Option : hydro géologie

**THEME**

***Etude hydrogéologique de la nappe  
inféroflux de la région d'Abalessa  
dans la wilaya de Tamanrasset***

*Soutenu publiquement par :*

**LAGHNEJ fatiha**

*Le 02/07/2013*

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	M. BOUSELSAL.B	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Promoteur :</b>	M. MADJANI.F	M. A. A Univ. Ouargla
<b>Examineur :</b>	Melle. HABES.S	M. A. A Univ. Ouargla

**Année Universitaire : 2012/2013**

# DEDICACE

*Tout d'abord, nous sommes  
fidèlement reconnaissant à Allah que  
Cette recherche a été menée avec succès.*

*Je dédie ce modeste mémoire:*

*A ma très chère mère.*

*A mon très chère père.*

*A mon très chère l'époux*

*A mes très chères frères.*

*A mes très chères sœurs*

*A toute la famille.*

*A tout mes collègues surtout : KELTHOUM*

*A tous ceux qui m'ont fait vivre la joie*

*Et le bonheur.*

*A tous ceux que j'aime et m'aiment.*

FATIHA  
FATIHA



## Remerciement

*Nous remercierons au premier lieu "Allah" d'avoir donné le courage et la patience pour l'accomplissement de ce travail à terme.*

*Nous tient à remercier vivement notre enseignant et promoteur Mr. MADJANI Fathi d'avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail, ainsi pour ses conseils et ses critiques, quel trouve ici l'expression de ma profond gratitude.*

*Mes plus vifs remerciement vont aussi à tous qui ont contribué de près au de loin à la réalisation de ce travail en particulier :*

*-Mr. Bouselsal. B Pour l'honneur qu'il ma fait de présider mon jury de soutenance.*

*-Melle Habes. S d'avoir accepté d'examiner mon travail de fin d'étude.*

*-M<sup>me</sup> Karima AMROUS pour leur volonté, leur aide et sa disponibilité au cours de la réalisation de ce travail.*

*Je remercie également ma très cher amie et sœur KETHOUM pour leur soutien et aides durant tous mes années universitaire.*

*Les plus grands remerciements vont aussi aux deux personnes qui j'aime de mon profond cœur ma chère mère et mon chère père pour leur effort fournis tout au long de ma formation.*

*L'occasion se présente pour exprimer mon plus vif remerciement à mon cher époux pour l'honneur qu'il ma donner pour compléter mon cursus universitaire, pour leurs aides, et sa patience. Merci mille fois.*

*A tous les enseignants(es) de département de géologie, Université KASDI MERBAH –Ouargla- et à tous la promotion 2012/2013.*

*\*FATIHA\**

## Liste des figures

### CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES GENERALES

- Fig.1 :** Situation géographique de la région Abalessa
- Fig.2 :** Carte des affleurements de la région d'Abbalessa ( Hoggar central)
- Fig.3 :** Hydrographie et bassins versants

### CHAPITRE II : ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

- Fig.4:** Moyennes mensuelles des températures en (°C) 1992- 2008
- Fig.5 :** Moyennes mensuelles de vitesse de vent m / s
- Fig.6 :** Moyennes mensuelles Taux des Humidités relative en ° / ° (1992- 2008)
- Fig.7 :** Moyennes mensuelles des précipitations en (mm)
- Fig 8 :** La présentation des paramètres climatiques
- Fig 9 :** La présentation des bilans hydriques de la région d'Abbalessa

### CHAPITRE III : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

- Fig10 :** Méthode et suivi du travail des puits
- Fig11 :** G.P.S
- Fig12 :** Sonde lumineuse
- Fig13 :** Sonde électrique
- Fig14 :** Carte piézométrique

### CHAPITRE IV : HYDROCHIMIQUE

- Fig15 :** pH- mètre Pour calculer le Qui indique l'acidité La Basicité des solutions
- Fig 17:** Erlen Meyer
- Fig18 :** Coloration verte s'explique par la formation D'un complexe de calcine avec  $Ca^{2+}$

- Fig 19:** Coloration bleu due à la formation d'un composé De bleu de méthyle thymol avec ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  ).
- Fig20 :** Spectrophotométrie à flamme
- Fig21 :** Chromate de potassium coloration brun en milieu acide
- Fig22 :** Chromate de potassium coloration brun en milieu basique
- Fig 23:** Méthyle orange coloration jaune en milieu basique
- Fig 24:** Méthyle orange coloration rouge en milieu acide
- Fig25 :** Précipité blanc
- Fig26:** Bruler les papiers filtre
- Fig27:** Four a moufle : pour la Calcination à  $T^{\circ} = 900^{\circ}$
- Fig28:** Les creusets après la calcination.
- Fig29:** Peser des creusets
- Fig30 :** Incolore l'eau analysée ne contient pas de  $\text{CO}_3^{2-}$
- Fig31:** Méthyle orange coloration jaune en milieu basique.
- Fig32 :** Méthyle orange coloration rouge en milieu acide
- Fig33 :** Colorimètre
- Fig34 :** Préparation des étalons.
- Fig 34:** Chauffer à sec à moins de  $70^{\circ}\text{C}$
- Fig35:** Préparation de réactif tarétrate de Sodium, potassium
- Fig36 :** Dissolution de la masse ( Sodium et potassium) dans du bidistillé
- Fig 37:** Verser les continues des creusets en fiole de 100 puis jauger
- Fig 38:** Histogramme les valeurs du Température de la nappe inféroflux
- Fig 39:** Histogramme les valeurs du PH de la nappe inféroflux

- Fig 40:** Histogramme les valeurs du Conductivité de la nappe inféroflux
- Fig 41:** Histogramme les concentrations en  $\text{Ca}^{++}$  de la nappe inféroflux
- Fig 42:** Histogramme les concentrations en  $\text{Mg}^{2+}$  de la nappe inféroflux
- Fig 43:** Histogramme les concentrations en  $\text{Na}^+$  de la nappe inféroflux
- Fig 44:** Histogramme les concentrations en  $\text{K}^+$  de la nappe inféroflux
- Fig 45:** Histogramme les concentrations en  $\text{Cl}^-$  de la nappe inféroflux
- Fig 46:** Histogramme les concentrations en  $\text{SO}_4^{2-}$  de la nappe inféroflux
- Fig 47:** Histogramme les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  de la nappe inféroflux
- Fig 48:** Histogramme les concentrations en  $\text{NO}_3^-$  de la nappe inféroflux
- Fig 49:** Diagramme de Piper (la nappe inféroflux d'Oued Abalessa, 16/06/2009).

## Liste des tableaux

### CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES GENERALES

**Tableau n° 1** : donne le récapitulatif des résultats obtenus.

**Tableau I.2** : Présentation des altitudes caractéristiques

**Tableau- 3** : Valeurs du temps de concentration pour différentes formules

### CHAPITRE II : ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDRLOGIQUE

**Tableau II.4** : Moyennes mensuelles des Températures de l'air sous arbri en 1 / 10°C (1992-2008) à la station d'Abalessa (1992- 2008)

**Tableau II.5** : Moyennes mensuelles de Vitesses de vent en m / s (1992- 2008) à la station d'Abalessa (1992- 2008)

**Tableau II.6** : Moyennes mensuelles Taux des humidités relatives de l'air en °° à la station D'Abalessa (1992- 2008)

**Tableau II.7** : Moyennes mensuelles des précipitations en 1 / 10mm à la station d'Abalessa (1992- 2008).

**Tableau 8** : Calcul de l'ETP (Station d'Abalessa 1992 - 2008)

**Tableau 9** : Bilan de l'eau selon la méthode de C.W.THORTHWAITE (station d'Abalessa 1992 – 2008)

### CHAPITRE IV : HYDROCHIMIQUE

**Tableau10** : classification des milieux des eaux naturelle par rapport au PH

**Tableau11** : Résultats d'analyse des paramètres physico-chimique dans la nappe de l'inféroflux, région d'Abalessa (16/06/2009)

**Tableau 12** : les analyses suivantes sont exprimées en mg /l

**Tableau 13** : résultat de Balance ionique

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**SR-1 à SR-4** : Sondage carotide

**UTS** : L'Unité de Traitement Spéciale

**SR P-1 et SR P-2** : Sondage piézométrique

**E.N .HYD** : L'Entreprise Nationale Des Etudes Hydrauliques

**ONM** : l'Office National de la Météorologie

**Tp** : Température mensuelle moyenne (°C)

**IT** : Indice thermique du mois considéré (°C)

**CL** : Coefficient de correction

**ETPC** : Evapotranspiration potentielle (mm)

**Pr** : précipitation mensuelle moyenne (mm)

**ETR** : Evapotranspiration réelle (mm)

**RFU** : refis

**DEF**: déficit

**EXC**: excédante en (mm)

**ETP** : Evapotranspiration potentiel (mm)

**ETR** : Evapotranspiration réelle. (mm)

**O.M.S** : Organisation Mondiale de santé



## BIBLIOGRAPHIE

(1) **Blanguernon .C (1976)** : La Hoggar- Arthaud- paris.

(2) **Benmalek. M, Kacemi. A (1993)** : Etude hydrogéologique de l'inféoflux de la nappe alluviale (Amont) de l'oued Outoul (Ahaggar central – W.Tamanrasset)

(3) **E.N.HYD.(2003)** : Etude barrage Abalessa wilaya de Tamanrasset. Etude d'Exécution rapporte géologique. Rapport inédit.

(4) **E.N.H.P.C, (1994)** : Etude d'aménagement wilaya de Tamanrasset. Etude géologie mission-1-, Rapport inédit.

(5) **E.N.HYD. (2002)** : Etude d'un barrage inféoflux sur l'oued Abalessa. Rapport inédit.

(6) **S.E.D.A.T. (2004)** : Etude du système d'épuration des eaux usées et Leur réutilisation de la ville d'Abalessa. Rapport inédit.

(7) **Bertrand.J.M.L(1974)** : Evolution polycyclique des gneiss Précambriens de l'Aleksod (Hoggar, Sahara Algérien)

(8) **Borelli – Vuckovic (1969)** : Procédé de dépouillement des essais de pompage (UNESCO-Bureau hydrogéologique, Ouargla)- DHW.TAMANRASSET.

# *Sommaire*

<b>INTRODUCTION GENERAL.....</b>	<b>01</b>
<b>CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES GENERALES</b>	
<b>I-Situation géographique.....</b>	<b>02</b>
<b>II- Cadre géologique général.....</b>	<b>03</b>
II-1- Présentation des grands ensembles géologiques de la région d'étude.....	03
II-1-1 Le Suggarien (Hoggar central polycyclique).....	04
II-1-2 La chaîne pharisienne (Hoggar Occidental).....	05
II-1-3 Les séries de couverture.....	05
II- 2- Litho stratigraphie.....	05
II-2-1- Les séries suggariennes.....	06
II-2-2- Le pharusien.....	07
<b>III- Etude géologique de l'Oued Abalessa.....</b>	<b>08</b>
<b>IV- Travaux de reconnaissance.....</b>	<b>9</b>
IV-1- Travaux réalisés.....	10
IV-1-1- Prospection géophysiques.....	10
IV-1-2- Sondages mécaniques.....	10
IV-1-3- Essais de perméabilité (in-situ).....	11
IV-1-3-1- Résultats des essais d'eau (Lefranc et Lugeons).....	11
IV-1-4- Sondages piézométriques.....	13
IV-1-5- Essais de perméabilité au laboratoire.....	13
IV-1-6- Essais d'identification géotechnique.....	13
<b>V –Géotechnique.....</b>	<b>13</b>
1-Introduction.....	13
V- 2- Interprétation des données.....	14
V-2-1- Analyse granulométrique.....	14
V- 2- 2- Teneur en eau naturelle pour les sables.....	14
V-2-3- Poids spécifique apparent humide.....	14
V-2-4- Poids spécifique apparent sec.....	14
V-2-5- poids spécifique des gneiss.....	14

V- 2-6- Poids spécifique des grains solides (sable).....	14
V-3-Essai de cisaillement rectiligne.....	14
<b>VI- Etude htdromorphologiques.....</b>	<b>15</b>
VI-1-Introduction.....	15
VI-2-Présentation du bassin versant.....	15
VI-3-Caractéristiques hydromorphométriques.....	17
VI-3-1-Superficie(S).....	17
VI-3-2-Périmètre (P).....	17
VI-3-3-Indice de compacité(Kc).....	17
VI-3-4-Altitude caractéristiques.....	18
VI-3-5-Pente du thalweg principal(I).....	18
VI-3-5-Détermination du temps de concentration (tc).....	19
<b>CHAPITRE II : ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDRLOGIQUE</b>	
<b>I-Introduction.....</b>	<b>20</b>
<b>II- Climat de la zone d'étude.....</b>	<b>20</b>
II-1- Paramètre climatiques.....	20
II-1-1- Températures.....	20
II-1-2- Vitesse des vents.....	21
II-1-3- Humidité.....	22
II-1-4- Précipitation.....	23
II-1-5- L'étude de l'évaporation.....	24
a) ETP.....	24
b) ETR.....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>29</b>
<b>CHAPITRE III : HYDROGEOLOGIQUE</b>	
<b>I-Introduction.....</b>	<b>30</b>
<b>II-Système d'aquifère.....</b>	<b>30</b>
II-1-1- Les formations susceptibles d'être aquifères.....	30
II-1-1-1- Arènes granitiques.....	30
II-1-1-2- Les alluvions d'Oueds.....	31
II-1-1-3-Les altérites.....	31

II-1-1-4-Le socle cristallin.....	32
<b>III- Etude de la nappe de l'inféroflux de l'oued Abalessa.....</b>	<b>32</b>
III-1- La nappe de l'inféroflux.....	32
III-2- La géométrie de l'aquifère.....	32
<b>IV- Les Paramètres hydrodynamique.....</b>	<b>32</b>
IV-1-Généralités.....	32
IV-2- Interprétation des essais.....	32
<b>V- Piézométrie.....</b>	<b>34</b>
V-1 Puits.....	34
V-2- Matérielle utilise pour les échantillons.....	35
<b>V-3- Carte piézomètre.....</b>	<b>36</b>
V-3-1- Elaboration des cartes.....	36
V-3- 2-Interprétation des cartes.....	38
V-3-2- 1- Sens d'écoulement.....	38
V-3-2-2- Estimation des débits de l'inféroflux.....	38
<b>CHAPITRE IV : HYDROGEOCHIMIQUE</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>39</b>
<b>I-Etudes des paramètres physico- chimiques.....</b>	<b>39</b>
I-1-Paramètres physiques.....	39
I- 1-1- Température.....	39
I-1-2-Le potentiel d'hydrogène (PH).....	39
I-1- 3- La conductivité électrique.....	40
<b>I-2-Paramètre chimique.....</b>	<b>41</b>
<b>I-2-1-Les cations (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) .....</b>	<b>41</b>

I-2-1-1-Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	41
I-2- 1-2- Magnésium $\text{Mg}^{2+}$ .....	42
I-2-1-3-Sodium ( $\text{Na}^+$ ) et Potassium ( $\text{K}^+$ ).....	42
<b>I-2-2-Les anions (<math>\text{Cl}^-</math>, <math>\text{SO}_4^{-2}</math>, <math>\text{HCO}_3^-</math>, <math>\text{CO}_3^-</math>, <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{NO}_2^-</math>).....</b>	<b>42</b>
I-2-2-1-Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	42
I-2-2-2-Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	44
I-2-2-3-Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	45
I-2-2-4-Nitrates( $\text{NO}_3^-$ ).....	46
<b>II-Interprétation des résultats.....</b>	<b>48</b>
<b>II-1-Paramètres physiques.....</b>	<b>48</b>
II- 1-1- Température.....	48
II-1-2-Le potentiel d'hydrogène (PH).....	49
II-1- 3- La conductivité électrique.....	49
<b>II-2-Paramètre chimique.....</b>	<b>49</b>
<b>II-2-1-Les cations.....</b>	<b>49</b>
II-2-1-1-Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	50
II-2- 1-2- Magnésium $\text{Mg}^{2+}$ .....	50
II-2-1-3-Sodium ( $\text{Na}^+$ ) et Potassium ( $\text{K}^+$ ).....	51
<b>II-2-2-Les anions.....</b>	<b>52</b>
II-2-2-1-Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	52
II-2-2-2Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	56
II-2-2-3-Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et Bicarbonate.....	53
II-2-2-4-Nitrates( $\text{NO}_3^-$ ).....	54

<b>II-2-3- Le faciès chimique des eaux.....</b>	<b>54</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>55</b>
<b>V-conclusion générale.....</b>	<b>58</b>

***CHAPITRE I :***  
***CARACTERISTIQUES***  
***GENERALES***

## I-SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La commune d'Abalessa se trouve située entre les massifs éruptifs du Tahalra à l'Ouest et l'Arechchoum à l'Est. Elle est distante d'environ 100kilomètres à l'W.N.W de Tamanrasset.

Les coordonnées géographiques sont comme suit :  $22^{\circ} 53'$  Latitude. *Norde* et  $04^{\circ} 51'$  Longitude *Est*, Altitude : 932 mètres (Fig .1)

Abalessa est située au Hoggar central et s'étend sur une superficie de **7456250** Km2 qui affleure à environ **100Km** à l'Ouest de la willaya de Tamanrasset et sa population est estimée à **13705** habitants répartie à travers 13 communes.

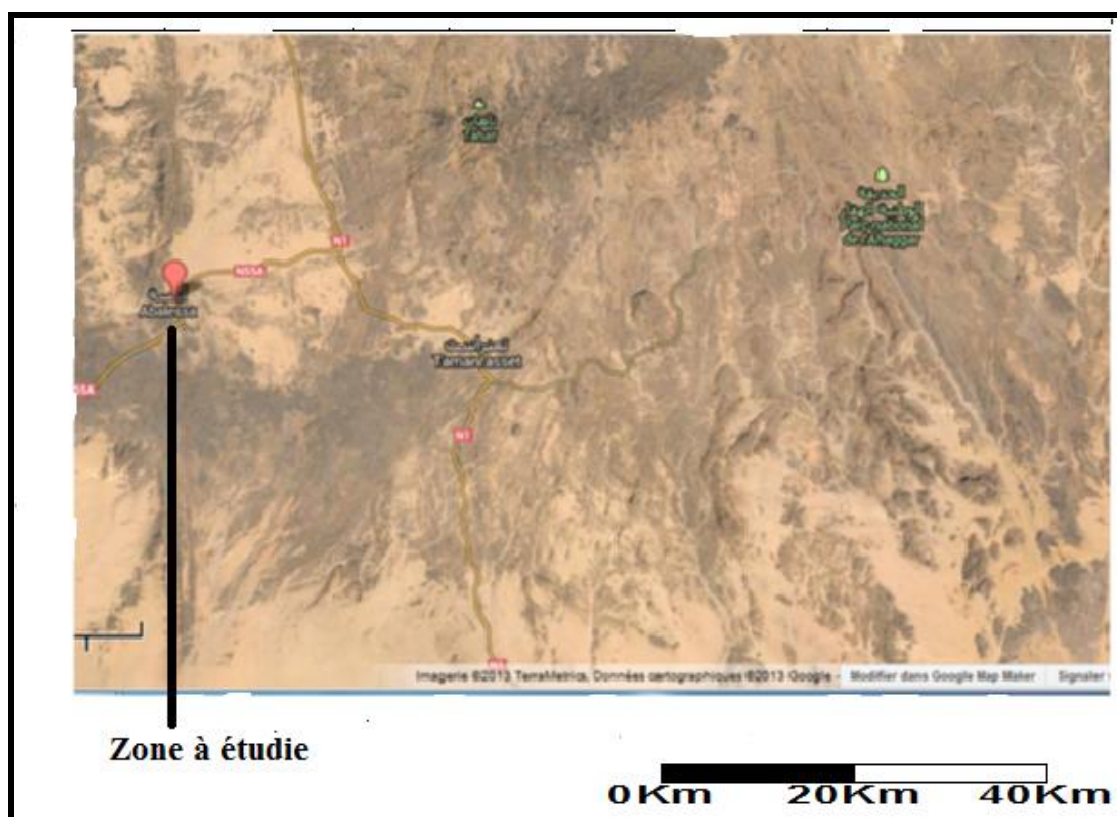


Fig 1 : Situation géographique de la région Abalessa (Google earth).



**II-CADRE GEOLOGIQUE GENERAL :**

La région d'étude appartient à un grand ensemble géologique connu sous le nom de socle précambrien ou pré-tassilien, ce socle regrouperait tous les terrains sous-jacents à la discordance tassilienne qui sont :

- Les séries du Hoggar précambriennes
- Les séries intermédiaires

Le précambrien du Hoggar se caractérise par l'existence de deux systèmes comprenant chacun des terrains fort différents, matérialisés par deux grands ensembles.

Ces deux grands ensembles correspondent à deux cycles orogéniques successifs d'âge antécambrien, ces entités géologiques sont séparés par une grande discordance, caractérisée à sa base par le Suggarien, migmatitique, granitique et hachés de filons et, à son sommet par les terrains pharusiens épi- métamorphiques, migmatitiques ou granitiques.

Cette discordance qui est assimilable à un accident majeur, est orientée sensiblement Nord-Nord-est -Sud-Sud-ouest, également appelée aussi accident 4°50.

Ce grand accident passe au niveau du site d'Abalessa .Il s'agit d'un grand accident rectiligne connu à l'échelle du continent Africain.

Le Suggarien est mylonitisée parfois sur plusieurs kilomètres. Le pharusien est également affecté par la mylonitisation mais à un degré moindre, les roches des deux cycles présentent alors des schistosités tectoniques parallèles et la limite entre ces deux ensembles est parfois difficile à déterminer.

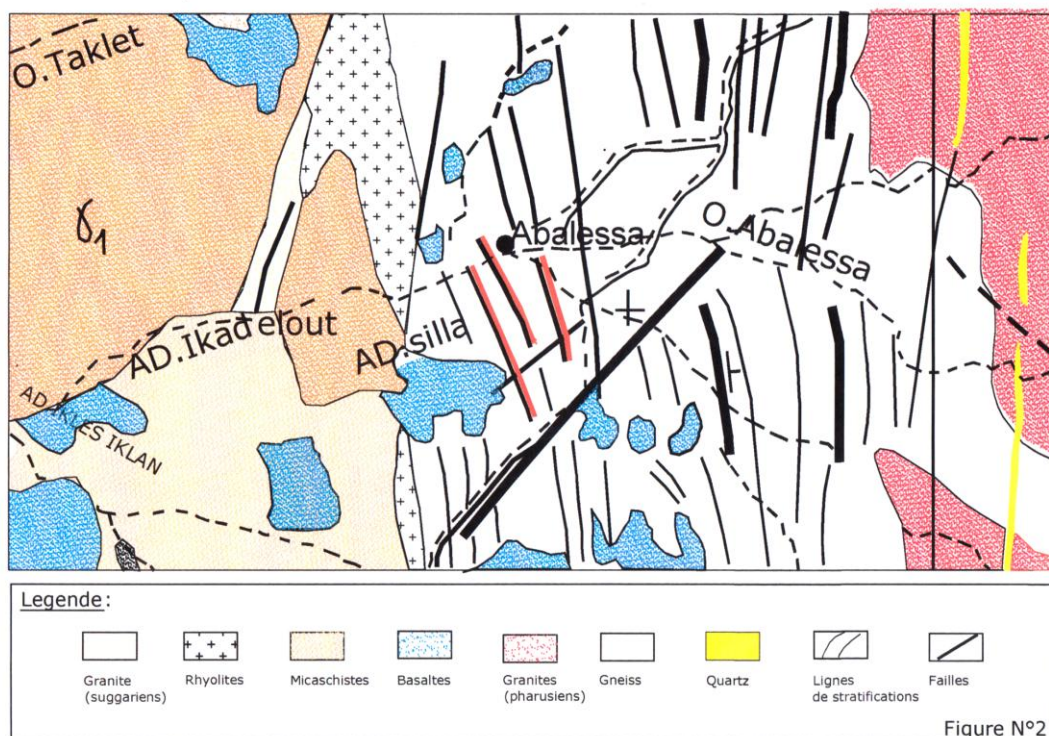
**II- 1 Présentation des grands ensembles géologiques de la région d'étude**

La diversité des variétés lithologiques et des styles tectoniques qui caractérisent le Hoggar rendent sa structure géologique particulièrement complexe.

Mais d'une façon générale Le massif du Hoggar est caractérisé par les ensembles suivants :

1. L'ensemble Suggarien ;
2. L'ensemble pharusiens ;
3. Les formations de couvertures.

La figure n°2 donne un aperçu sur les différentes formations géologiques existantes au niveau du site.



**Fig-2 :** Carte des affleurements de la région d'Abalessa ( Hoggar central)

### II-1-1-Le Suggarien (Hoggar central polycyclique)

La majeure partie du Hoggar central et oriental est constitué par un vaste socle Suggarien, limité à l'Est et à l'Ouest par deux très grandes zones d'accidents.

Dans la partie centrale de ce horst, un sillon orienté Nord-Sud-ouest Sud-Sud est correspond à une sédimentation un peu moins profonde qui, après plissement forme la chaîne de l'Egeré-Aresfa, constituée essentiellement de cipolins, de quartzites et d'amphibolites.

Les séries suggariennes sont dans leur majorité des schistes cristallins très métamorphiques. On peut cependant y distinguer deux ensembles de formations assez nettement distincts caractérisant chacun des zones structurales particuliers.

Les séries les plus anciennes sont formées de gneiss et d'amphibolites souvent migmatisées, en bancs allongées suivant des directions subméridiennes et généralement redressées ; de plus de vastes massifs granitiques les traversent. Elles constituent toute la zone occidentale de l'Ahaggar, limitée à l'Ouest par la discordance pharusienne. Tandis que les schistes cristallins donnent des reliefs allongés monotones.

Les séries supérieures sont formées uniquement de schistes cristallins caractérisés par la trilogie cipolins-quartzites-amphibolites, associés à des gneiss feuilletés, pyroxénites, etc .... Elles constituent de vastes chaînes plissées, orientées NNW-SSE, c'est la zone orientale de l'Ahaggar.

### **II-1-2- La chaîne pharusienne (Hoggar occidental)**

Situé à l'Ouest du grand accident de 4°50, les terrains pharusiens sont beaucoup moins métamorphiques, phyllades, micaschistes et amphibolites dominant, avec des intercalations de quartzites et cipolins parfois fort importantes, les conglomérats de base sont souvent très épais, déterminant alors des lignes de hauteur, d'autres conglomérats, intra-formationnels forment également des crêtes importantes.

### **II-1-3- Les séries de couverture**

Les séries de couverture sédimentaires qui apparaissent autour du Hoggar sont des plateaux gréseux des tassilis

## **II-2 Litho stratigraphie régional**

Le Hoggar apparaît comme un vaste bombement de terrains volcan cristallins et métamorphiques diversifiées, recouvert en ces bordures par des assises sédimentaires, représentées par les grés du cambro-ordoviciens des tassilis.

On distingue dans la région du site essentiellement deux faciès pratiquement identiques mais discordants l'un sur l'autre qui sont :

**II-2-1- Les séries Suggariennes****a- Les gneiss**

Ils constituent la majeure partie des terrains non granitisés du socle, les gneiss sont devenues migmatitiques à tel point qu'il est difficile d'affirmer de quelle roches originelles ils dérivent.

**b- Les micaschistes**

Les affleurements de micaschistes sont rares, quand elles existent-elles accompagnent souvent les gneiss à deux micas mais, l'intense migmatisation du Suggarien ne les laisse pas subsister, ils s'agissent de micaschistes à deux micas elles accompagnent aussi souvent les gneiss à deux micas.

**c- Les amphibolites**

Les gneiss à amphibole contiennent souvent des amphibolites, elles sont particulièrement développées dans l'Egeré où dominent les faciès sont les quartzites et les cipolins, ailleurs les amphibolites suggariennes sont généralement très massives et ont perdu presque toute orientation, elles passent couramment à des faciès dioritiques.

**d- Les quartzites**

Tous les niveaux du Suggarien renferment des niveaux isolés de quartzites, mais occupent une place particulièrement importante dans la série de l'Egeré et au sud.

Ces quartzites peuvent être massifs ou en plaquettes, Ils renferment un peu de muscovite. Ils se chargent parfois de feldspaths et passent alors à des leptinites ou à des gneiss ombréচিতiques.

**e- Les conglomérats**

Au sein des schistes sériciteux apparaît en concordance un niveau conglomératique puissant de 4 m. Le ciment est schisteux ; les galets sont

de quartzite de gneiss et d'amphibolite .Leur diamètre varie de 1 à 4 cm. La pâte et les galets sont traversés par des veinules de biotite verticales.

**f- Les leptinites**

Dans le Hoggar central apparaissent au sein du Suggarien quelques affleurements très massifs de leptinites, inter stratifiés dans des gneiss, quartzites, amphibolite.

Ces roches ont une structure hétéroplastique amiboïde. Le quartz est inter stratifiés et relativement peu abondant.

Ces leptinites semblent dériver de rhyolites hyper alcalines. Des roches analogues constituent de puissantes assises près de Tamanrasset.

**g- Le Métamorphisme**

Toutes les roches suggariennes sont nettement métamorphiques, avec toute fois différents degrés de métamorphisme. Mais il est difficile d'évaluer l'importance relative de chacun, par suite de l'ampleur et de l'importance relative des transformations subies ultérieurement par ces terrains et également par suite de leurs variétés de composition originelle.

Le mol central du Hoggar constitue une importante zone de métamorphisme catazonal. La série de l'Egeré correspond à un métamorphisme méso zonal.

**II-2-2-Le pharusien**

Le pharusien se caractérise par les facies suivants :

**a- Les conglomérats**

Ces conglomérats sont polygéniques, ils sont fortement redressés et affleurent souvent directement en discordance sur le Suggarien migmatitique.

Ces conglomérats ont un ciment très sériciteux avec de l'épidote et des plagioclases, les galets sont des quartzs, quartzites, granites, mica

granites, rhyolites, généralement arrondis. A certains endroits (bassin de Silet) ces conglomérats au sein du pharusien.

**b- Les micaschistes**

Les micaschistes, dans la partie occidentale du Hoggar, affleurent parfois vers le centre des bassins, dans des zones de métamorphisme relativement fort. Le puissant massif du Toukmatine est constitué de micaschiste à muscovite et à grenat.

**c- Les leptynites**

Elles alternent avec les amphibolites et semblent avoir une origine rhyolitique et les amphibolites une origine andésitique.

Dans le nord du bassin de l'Aresfa, des bancs de leptynites rouge fine de même direction, prennent le relais de la grande série schisteuse et constituent, sur environ 80Km une étroite lame, dirigée vers le Nord- Ouest. Cette lame est bordée à l'Ouest par un système de faille décrochée en escalier.

**d- Les amphibolites**

Elles apparaissent fréquemment dans le pharusien occidental et central.

**e- Le métamorphisme**

Le métamorphisme étant moins intense que celui qui a affecté terrains Suggarien, généralement les terrains sont épi métamorphiques, mais les variations peuvent être très importantes d'un bassin à un autre, les variations peuvent être importantes.

**III-Etude géologique de l'Oued Abalessa**

Les contrées du Sud sont demeurées la proie d'agents naturels, destructeurs. Les reliefs, sous l'action météorologique ont été morcelés. Leur roches en débris, charriées par les eaux de crues ont comblé chaque dépression de cailloutis, de graviers et surtout de sable.

L'Oued Abalessa ayant une largeur de plusieurs centaines de mètre. Les crues y sont déviantes puisqu'elles ont affecté les agriculteurs.

Au niveau du lit mineur de l'oued en aval du village, à proximité d'un forage d'exploitation en eau souterraine, l'épaisseur des alluvions dépasse les 15 mètres d'après la coupe du forage. Les alluvions sont représentées par du sable fin rosâtre à grossier gris blanc qui est dominant en surface.

La vallée de l'oued Abalessa est bordée de part et d'autre du lit majeur par des massifs importants de gneiss.

L'ancienne terrasse domine le lit mineur de l'oued d'une hauteur de 1 à 2 mètre. Ce sont des sables rougeâtres indurés, quelquefois humides. L'épaisseur des alluvions sableuses au niveau des rives est importante. L'oued a, au cours de temps, changé de lit dont les témoignages de ces changements, la formation de petits îlots d'alluvion anciennes (anciennes terrasses en bande) que les agriculteurs ont revalorisé en terres agricoles (voir levés en bande).

La sédimentation éolienne est importante dans la vallée de l'oued Abalessa, nous avons pu localiser ce type de dépôt le long de l'oued donnant naissance à des dunes. Leur dimension dépend des contours topographiques et de la vitesse du vent. Ces dunes peuvent naître ou se détruire avec une très grande facilité.

Nous remarquons également que l'épaisseur des alluvions est composée essentiellement de sable fin, moyen et grossier plus ou moins graveleux contenant parfois une faible fraction limoneuse. La sismicité de la région est très faible.

#### **IV- Travaux de reconnaissance**

Les travaux prévus dans le programme de reconnaissance comportaient la réalisation pour le site de l'ouvrage de l'inféoflux d'Abalessa les travaux suivants :

- L'exécution de sondage électrique
- La réalisation de 05 (cinq) sondages mécaniques à la rotation visant à connaître la géologie du sous-sol jusqu'au socle rocheux
- L'exécution d'essais de perméabilité de type Lefranc et Lugeons dans tous les sondages réalisés

- L'équipement d'un minimum de 2 (deux) sondages de piézomètres afin de connaître la profondeur de fluctuation de la nappe phréatique et la direction d'écoulement
- L'échantillonnage des sols, leurs descriptions ainsi que l'exécution d'essais de laboratoire (telle que analyse granulométriques, essais de perméabilité, porosité et limites d'atterberg) prévus dans le programme de reconnaissance
- L'inventaire et nivellement des puits d'eau

#### **IV-1- Travaux réalisés**

Les travaux effectués au niveau du site comprennent essentiellement des sondages géophysiques et mécaniques, des essais de perméabilité de type Lefranc et Lugeons ont été réalisés dans les forages.

Ces travaux ont pour but de déterminer l'allure générale du remplissage alluviale, de faire le zonage des différentes formations alluvionnaires et rocheuses y compris la zone altérée, d'évaluer la perméabilité d'ensemble qui règne aussi bien dans la masse alluviale que dans le massif rocheux.

##### **IV-1-1-Prospéction g géophysique**

Une campagne de prospection géophysique (méthode de sondages électriques) à été conduite au niveau de l'axe et la cuvette, elle s'est déroulée au mois de MARS 2000 et comprend 40 sondages électriques couvrants la cuvette sur 2 Km environ, (les résultats sont donnés dans le rapport géophysique).

##### **IV-1-2- Sondages mécaniques**

Une campagne de reconnaissance par sondages mécanique à été conduite par l'entreprise l'U.T.S (d'HYDRO-TECHNIQUE), elle s'est déroulée de février à mars 2002, et a consisté en la réalisation de (07) sept sondages, cinq (05) situés le long de l'axe (numérotés SR-1 à SR-4) et deux autres SP-1 et SP-2 équipés de piézomètres de part et d'autre de l'axe, l'ensemble totalise une longueur linéaire de 132m.l.

La description graphique des logs de sondage est donnée avec les diagrammes des essais de perméabilités dans l'Annexe A-1

Les résultats obtenus dans les sondages réalisés au niveau de l'axe montrent la succession lithologique suivante :



- ❖ Sables limoneux fins (2 à 3 m)
- ❖ Sables moyens à grossiers (15 à 20 m)
- ❖ Graviers (2 à 3 m)
- ❖ Gneiss altéré (2 m)
- ❖ Gneiss sains

Les profondeurs indiquées ci-dessus ne sont pas présentes dans tous les sondages, mais sont des maximales observées pour chaque couche lithologique. Sous-jacent à ces dépôts alluvionnaires, on a une profondeur de 2 mètres environ.

#### **IV-1-3-Essais de perméabilité ‘ in-situ’**

Les essais de perméabilité réalisés au niveau du site de l'inféroflux sont de deux types essentiellement :

- ❖ Essais de perméabilité en sols de type Lefranc
- ❖ Essais d'absorption d'eau sous pression de type Lugeons

##### **IV-1-3-1- Résultats des essais d'eau (Lefranc et Lugeons)**

Les essais de perméabilités type Lefranc ont été réalisés dans les cinq sondages exécutés au niveau de l'axe de l'inféroflux principalement dans les alluvions en tranches de 0,5 m, par le laboratoire de l'UTS (ENTREPRISE HYDROTECHNIQUE).

Les essais d'absorption d'eau type Lugeons réalisés dans les gneiss, roches sous-jacents aux dépôts alluvionnaires, ils ont permis de déterminer la perméabilité du substratum.

Ces essais ont été réalisés par tranches de 0.5 m avec des paliers de pression croissantes (0, 2, 4, 6 bars), mais ne comportent pas de paliers de pressions décroissantes.

L'analyse des résultats obtenus fait ressortir que la perméabilité du complexe alluvionnaire présente des valeurs assez homogènes, dénotant une perméabilité assez moyenne de l'ordre  $10^{-4}$  mètre / secondes, ne reflétant pas la réalité du

terrain, elle devrait être plus élevée ceci en considérant la nature grossière des sables, ce phénomène est du vraisemblablement à l'action de la bentonite qui a été utilisée pour faciliter le creusement mais elle a causé ainsi le colmatage des interstices existant entre les grains de sable.

**Le tableau n° 1** donne le récapitulatif des résultats obtenus.

On remarque que le complexe alluvionnaire se caractérise par une perméabilité assez homogène mais moyenne, elle se situe entre  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  m/s.

Sondage N°	Profondeur M	Perméabilité (Lefranc) m/s	Perméabilité (Lugeons) U.L
SR-1	4.0 - 4.5	$3.57. 10^{-4}$	-
	5.0 – 5.5	$1.58. 10^{-4}$	-
	8.0 – 8.5	$3.08.10^{-4}$	-
	10 – 10.5	$4.61.10^{-4}$	-
	10.5 – 10.7	-	1.6
SR-2	-	-	4.6
SR-3	-	-	7.19
SR-4	4.0 - 4.5	$6.83. 10^{-4}$	-
	10.0 – 10.5	$7.80. 10^{-4}$	-
	16.0 – 16.5	$1.19.10^{-3}$	-
	20 – 20.5	$7.94.10^{-3}$	-
	25-26	-	2.31
SR-5	4.0-4.5	$1.22.10^{-3}$	-
	8.0-8.5	$7.54.10^{-4}$	-
	10.5-11		4.74

**IV-1-1-4- Sondages piézométriques :**

Deux sondages numérotés SR P-1 et SR P-2 ont été réalisés en amont et en aval de l'axe de l'inféoflux, ces sondages ont été équipés de piézomètres, ils serviront à suivre les fluctuations du niveau de la nappe aussi bien pendant la phase d'étude que lors de son exploitation.

**IV-1-1-5- Essais de perméabilité au laboratoire**

Pour mieux caractériser la perméabilité des alluvions en complément des essais in-situ, il a été prévu dans le programme de reconnaissance remis à l'ingénieur de l'U.T.S, le prélèvement d'un certain nombre d'échantillons de sols dans les sondages et leur envoi au laboratoire pour des essais de perméabilité, malheureusement aucun essais sur des n'a été effectué sur les alluvions.

**IV-1-1-6- Essais d'identification géotechnique**

Les essais de laboratoire mentionnés dans le programme de reconnaissance préparés par le bureau d'étude (telle que l'analyse granulométriques, les limites d'Atterberg, la porosité et la perméabilité au laboratoire sur des échantillons de sondage) n'ont pas été exécutés par l'entreprise, à cause des difficultés de récupération d'échantillons représentatifs.

**V -Géotechnique****1-Introduction**

Pour les besoins de l'étude, nous avons recueilli les données physiques et mécaniques de in-Miguel dont les lithologiques des deux sites sont pratiquement similaires.

Les résultats de ces essais permettront en complémentarité des caractéristiques géologiques de bien superviser les travaux ultérieurs.

**V- 2- Interprétation des données****V-2-1- Analyse granulométrique**

- De cailloux 6 %
- De graviers 13 %
- De gros sable 40 %
- De sable fin 30 %
- De fines 11 %

**V- 2- 2- Teneur en eau naturelle pour les sables**

- $W = 19,2$  à  $19,45$  %
- Ces sols sont très peu humides

**V-2-3- Poids spécifique apparent humide**

- $h = 1,491$  à  $2,280$  T / m<sup>3</sup> ou
- $h_{\text{moy}} = 1,755$  T / m<sup>3</sup>

**V-2-4- Poids spécifique apparent sec**

- $d = 1,462$  à  $1,909$  T / m<sup>3</sup> d'où
- $d_{\text{moy}} = 1,755$  T / m<sup>3</sup>

**V-2-5- poids spécifique des gneiss**

- $R = 2,251$  T / m<sup>3</sup>

**V- 2-6- Poids spécifique des grains solides (sable)**

- $S : 2,654$  à  $2,678$  T / m<sup>3</sup> d'où
- $S_{\text{moy}} : 2,664$  T / m<sup>3</sup>

**V-3-Essai de cisaillement rectiligne**

Les sables sont pulvérulents d'où une cohésion

- $C = 0$  T / m<sup>2</sup>

L'angle de frottement interne  $\alpha$  varie entre  $42^\circ$  et  $47^\circ$

➤  $\alpha = 45^\circ$

Nous constatons que les alluvions sont peu humides, lâches et non plastiques.

Les couches sablo limoneuses qui constituent des terrasses de terres agricoles possèdent une cohésion C variant entre 0,15 et 0,9 bar alors que l'angle de frottement interne

➤  $\alpha \approx 25^\circ$  à  $35^\circ$ .

Le coefficient de perméabilité varie de  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  pour les sables de l'oued ce qui représente une assez bonne perméabilité.

La porosité a été mesurée à 0,4.

## **VI- Etude hydromorphométriques**

### **VI-1- Introduction :**

Le présent rapport consiste en l'élaboration d'une étude hydrologique détaillée, qui rentre dans le cadre de l'étude d'un barrage Infero-flux dans la région d'Abalessa, signée entre L'Unité de Traitement Spéciale (U.T.S) et L'Entreprise Nationale Des Etudes Hydrauliques (E.N .HYD).

Dans cette étape, on s'intéressera de plus près aux différentes caractéristiques et potentialités en eaux.

### **VI.2- Présentation du bassin versant :**

Le bassin versant en étude est situé au sud de l'Algérie, dans la région du Hoggar.

Il est délimité au nord par les chaînes montagneuses de l'Assekrem, au sud est par la ville de Tamanrasset (Fig. -3- )

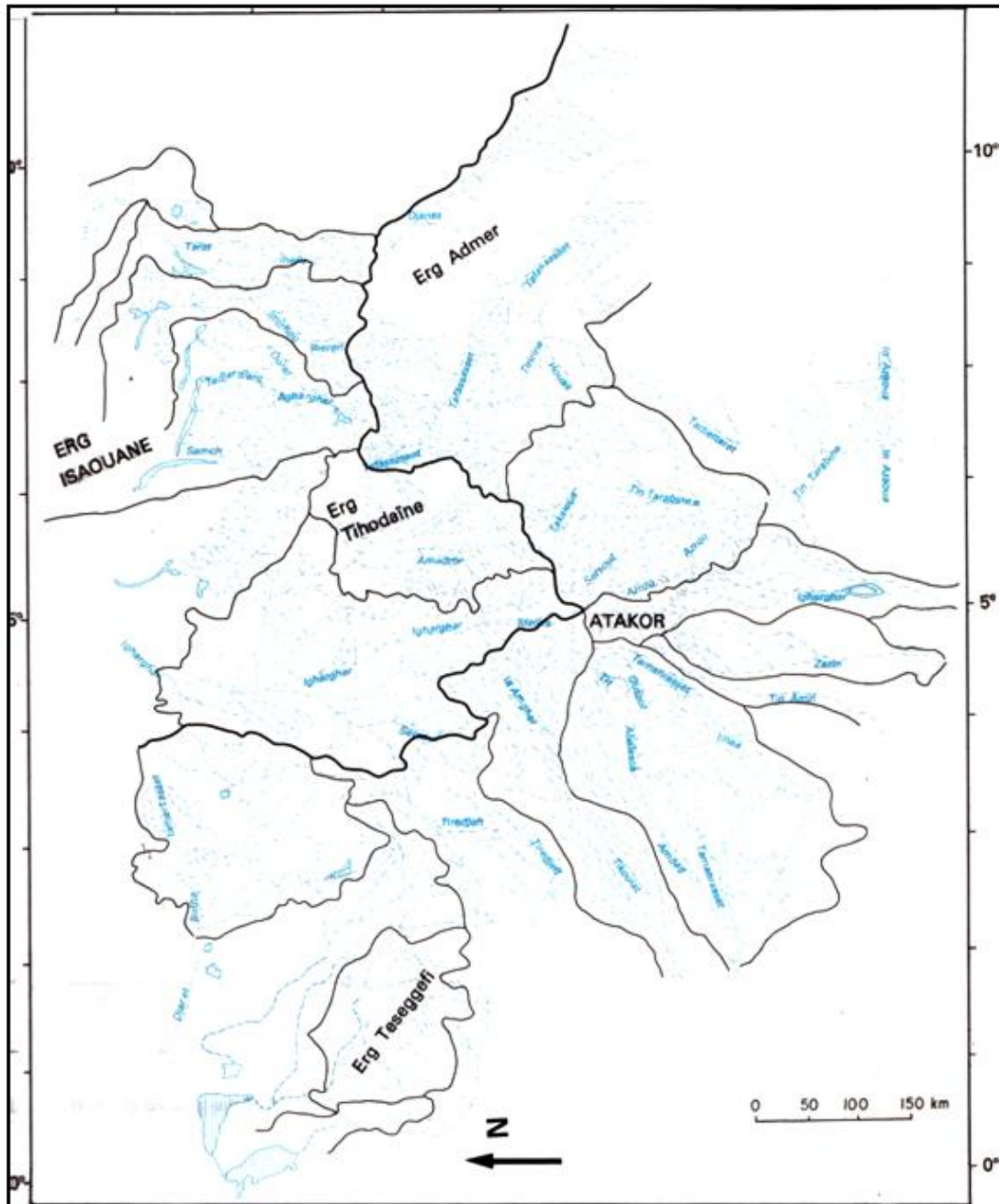


Fig 3: Hydrographie et bassins versants

- Limite de bassin versant
- Limite de sous-bassin versant
- Sebkha
- Qued

D'après J. DUBIEF (1953)

**VI .3- Caractéristiques hydromorphométriques :**

La détermination de ces paramètres nous renseigne sur le comportement hydrologique du bassin versant, ils interviennent également dans le calcul des formules empiriques.

Ces paramètres sont estimés à partir des cartes aux 1/200.000ème feuilles (Tin Felki, Silet, Assekrem et Tamanrasset) à défaut des cartes au 1/50.000ème qui ne sont pas éditées.

Les coordonnées du site sont :

$$X = 687\ 200\ m$$

$$Y = 2531\ 200\ m$$

$$Z = 880\ m$$

**V.3.1 Superficie(S)**

La superficie est l'aire géographique délimitée par la ligne des crêtes, elle est évaluée par planimétrie (Map Info)

$$S = 4230\ Km^2$$

**VI.3.2 Périmètre (P)**

Le périmètre est défini par la ligne des crêtes formant le contour du bassin versant.

$$P = 310\ Km$$

**VI.3.3 Indice de compacité : (Kc)**

L'indice de compacité de gravelius(Kc), nous renseigne sur la forme du bassin et donc sur la vitesse de concentration des eaux à l'exutoire.

C'est une caractéristique de forme qui nous renseigne sur la vitesse de concentration des débits, il est calculé par la formule suivante :

$$K_c = 0,28P/\sqrt{S}$$

**K<sub>c</sub> : Indice de compacité de gravelius**

**P : Périmètre du bassin versant (Km)**

**S : Surface du bassin versant (Km<sup>2</sup>)**

$$K_c = 1,33$$

Cette valeur confirme la forme allongée du bassin versant, qui engendre une faible concentration des débits.

#### VI.3.4 Altitudes caractéristiques :

D'après les cartes topographiques précédemment citées, on peut tirer les informations concernant différentes altitudes caractéristiques, que nous présentons dans le tableau I.1.

**Tableau I.2 : Présentation des altitudes caractéristiques**

Altitudes	Valeurs (m)
• Altitude minimale	880
• Altitude maximale	2908

#### VI.3.5 Pente du thalweg principal(I)

La pente à un effet direct sur le ruissellement, plus elle augmente, plus la concentration des débits est rapide, elle se calcule comme suit :

$$I = H_{\max} - H_{\min} / L$$

La longueur du thalweg principal est de **L = 100 Km**

**L** : longueur du thalweg principal (Km)



$H_{\min}$  : Altitude minimale (m)

$H_{\max}$  : Altitude maximale (m)

**VI-3-5-Détermination du temps de concentration (tc)**

On appelle temps de concentration (tc) d'un bassin versant, la durée nécessaire pour que la pluie tombée sur le point le plus éloigné hydrauliquement atteigne le site, il est calculé par les formules empiriques.

❖ Formule de Giandoti :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}}$$

S : Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>)

H : Différent entre les extrêmes (m)

❖ Formule S.C.S :

$$T_c = [ (0.87 L^3) / (H_{\max} - H_{\min}) ]^{0.385} \quad (h)$$

L : longueur de l'Oued principal (Km)

**Tableau- 3 :** Valeurs du temps de concentration pour différentes formules

Formules	Valeurs (h)
▪ Formule de Giandoti	11, 4
▪ Formule de S.C.S	10, 32

Pour la suite de notre calcul, on opte pour la valeur de  $t_c = 11$  h, obtenue sur la base des formules empiriques sélectionnées qui utilisent caractéristiques du bassin versant.

***CHAPITRE II : ETUDE  
CLIMATOLOGIQUE ET  
HYDRLOGIQUE***

## CHAPITRE II : ETUDE CLIMATOLOGIQUE ET HYDRLOGIQUE

### I-Introduction

### II- Climat de la zone d'étude

#### II-1- Paramètre climatiques

L'estimation des différents paramètres climatiques (Température, vitesse du vent et humidité), relatives à la région d'étude est faite sur la base des données relevées à la station climatologique de Tamanrasset dont les coordonnées sont : (Latitude : **22° 49 Nord**, Longitude : **05° 27 Est**, Altitude : **1372 mètres**).

La station de Tamanrasset représente une station principale et représentative des lieux d'études.

**Abalessa** (Latitude : **22° 53 Nord**, Longitude : **04° 51 Est**, Altitude : **932 mètres**) de **1992 à 2008**.

#### Données de base et analyse :

Les données à l'échelle mensuelle de la Température, vitesse du vent et humidité pour la période (1992- 2008) sont recueillies au niveau de l'Office National de la Météorologie(O.N.M).

#### II-1-1- Températures

Les données à l'échelle mensuelle de la Température pour la période (1992- 2008) sont recueillies au niveau de l'Office National de la Météorologie(O.N.M).

**Tableau II.4** : Moyennes mensuelles des Températures de l'air sous arbri en 1 / 10°C (1992- 2008) à la station d'Abalessa (1992- 2008)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	No v	Déc	Ann ée
T°Mo y	145	173	219	263	313	329	334	326	310	264	20 5	162	253

Source: Division de la Climatologie - DMRS - ONM – Tamanrasset

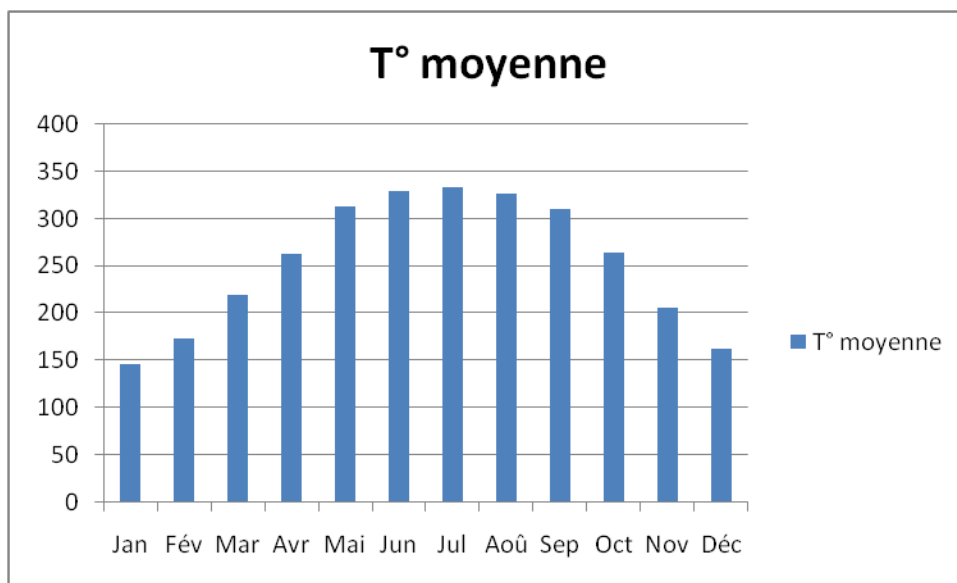


Fig.4: Moyennes mensuelles des températures en (°C) 1992- 2008

D’après la graphie II.1, on enregistre une valeur moyenne température égale à 25,3°C avec un maximum au cours du mois de juillet 33,4°C et un minimum au cours du Janve 14.5°C.

La Température maximale absolue enregistrée pendant cette période (1992 – 2008) est de 41.1°C (année 2007). La Température minimum absolue enregistrée mois de pendant cette période (1992- 2008) est de 12°C (1995).

### II-1-2- Vitesse des vents

**Tableau II.5 :** Moyennes mensuelles de Vitesses de vent en m / s (1992- 2008) à la station d’Abalessa (1992- 2008)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sép	Oct	Nov	Déc	Année
V moy	1.9	2.2	2.6	3.2	3.0	3.0	2.9	2.9	2.6	2.3	1.8	1.6	2.5

Source: Division de la Climatologie - DMRS - ONM – Tamanrasset

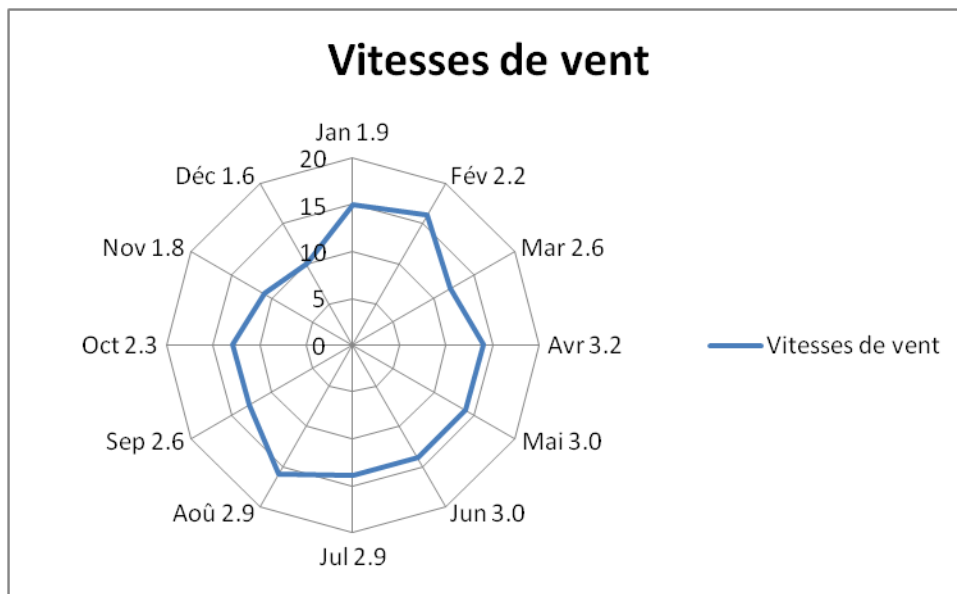


Fig.5 : Moyennes mensuelles de vitesse de vent m / s

D’après le tableau II. 4, la vitesse moyenne du vent est de 2.5 m/ s avec un maximum 3.2 m/ s et un minimum de 1.6 m/ s.

La direction des vents dans la région d’Abalessa Nord, Nord-Nord-est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Sud-Sud-ouest.

### II-1-3- Humidité

**Tableau II.6 :** Moyennes mensuelles Taux des humidités relatives de l’air en °° à la station d’Abalessa (1992- 2008)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sép	Oct	Nov	Déc	Année
H moy	36	31	26	23	20	23	22	29	31	32	33	37	29

Source: Division de la Climatologie - DMRS - ONM – Tamanrasset

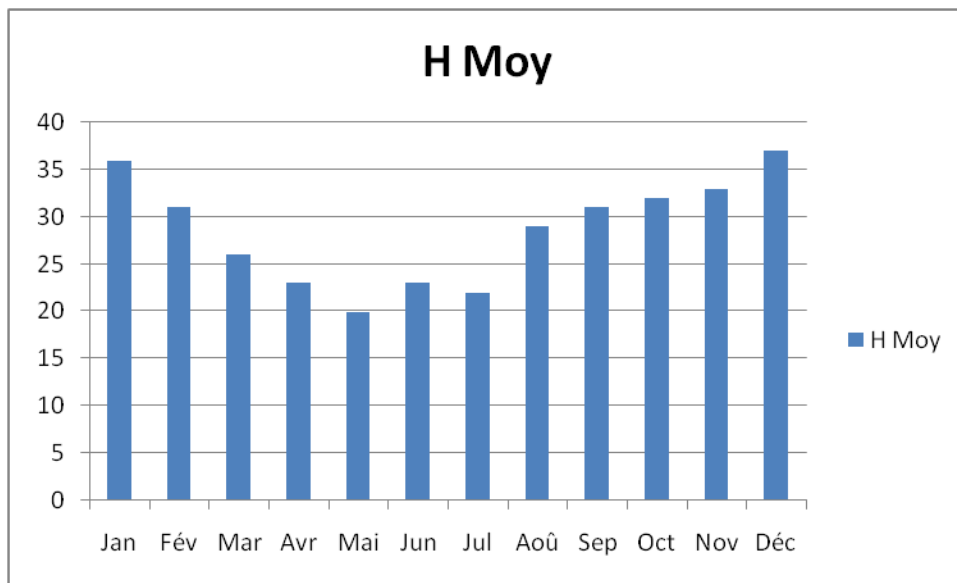


Fig.6 : Moyennes mensuelles Taux des Humidités relative en ° / ° (1992- 2008)

L’Humidité moyenne est de 29°, on enregistre une maximale pendant le mois Décembre (37 °°), et un minimum pendant de Mai (20 °°).

### III-1-4-Précipitation

**Tableau II.7 :** Moyennes mensuelles des précipitations en l / 10mm à la station d’Abalessa (1992- 2008).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
P moy	5	6	26	5	12	40	34	174	56	30	1	3	393

Source: Division de la Climatologie - DMRS - ONM – Tamanrasset

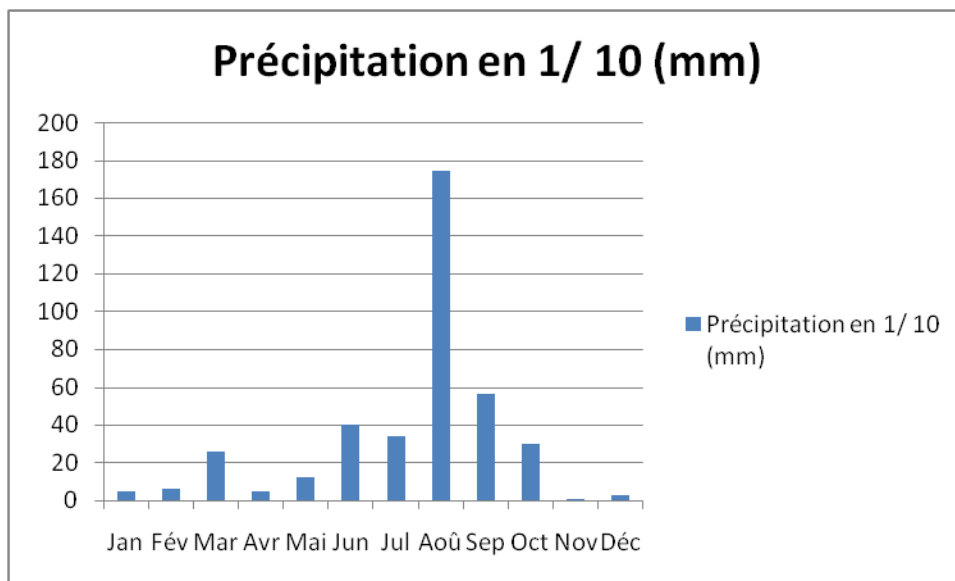


Fig.7 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm)

Les précipitations sont très rares et irrégulières, leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue de Mars jusqu'au mois d'août, et un maximum au mois de juillet avec 3.4 mm.

#### II-1-5- L'étude de l'Evaporation

Il s'agit de quantifier les pertes en eau par retour à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, sous des conditions climatiques et physiques données (précipitations, vents, températures....).

Nous avons essayé de calculer l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle, par les méthodes usuelles (TURC, coupagne etc.), mais les résultats obtenus, se sont avérés significatifs.

##### a) Evapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau qui, compte tenu du climat et particulièrement de la température pourrait être évaporée et transpirée si l'approvisionnement en eau était suffisant pour répondre à tous les besoins d'une végétation couvrant complètement le sol.

Pour l'estimation d'ETP, nous avons utilisé l'abaque de C.W THORNTHWAITE. La formule d'approximation de THORNTHWAITE s'écrit :

$$ETP = 16 \left[ 10 \frac{T}{I} \right]^{\alpha}$$

Avec  $I = \sum_{1}^{12} i$  Ou  $i = \left[ \frac{T}{5} \right]^{1,514}$

$$\text{Et } \alpha = \frac{1,6}{100} I + 0,5$$

**ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm)

**T** : Température mensuelle moyenne (°C)

**I** : Indice thermique du mois considéré (°C)

**I** : Somme des indices thermiques mensuels (°C)

**α** : Coefficient en fonction de I

**Tableau 8** : Calcul de l'ETP (Station d'Abalessa 1992 - 2008)

	Température moyenne mensuelle °C	Indice thermique °C	ETP non corrigée mm
Sep	31	15.83	131.02
Oct	26.4	12.41	82.36
Nov	20.5	8.46	39.65
Déc	16.2	5.92	20.08
Jan	14.5	5.01	14.57
Fév	17.3	6.54	24.28
Mar	21.9	9.35	47.99
Avr	26.3	12.34	81.46
Mai	31.3	16.06	134.72
Jun	32.6	17.09	151.53
Jul	33.4	17.73	162.53
Aou	32.6	17.09	151.53
Total		143.83	



**b) L'évapotranspiration réelle (ETR)**

C'est la quantité d'eau évaporée et transpirée réellement. Pour l'évaluation de l'ETR, nous utiliserons la formule de C.W.THORTHWAITE.

Calcul de l'ETR, selon la méthode du bilan d'eau de C.W.THORTHWAITE

Pour calculer l'ETR par cette dit méthode, il faut prendre pour le sol une certaine valeur de la réserve facilement utilisable(RU).

Le bilan d'eau de C.W.THORTHWAITE, fait intervenir, d'une part l'évapotranspiration potentielle et d'autre part le pluviomètre (P).

Nous avons appliqué cette méthode de calcul de l'ETR, à la station d'Abalessa (Tableau 9).

Le principe de cette méthode est basé sur 2 cas :

1<sup>er</sup> cas : Si  $P > ETP$   $\longrightarrow$  l'ETR est égale à l'ETP,

Et l'excédent des précipitations sur l'ETP est stocké dans le sol sous forme d'humidité.

Pour THORTHWAITE, la saturation est atteinte lorsque les réserves superficielles cumulées atteignent la valeur de la réserve utile(RU).

Le surplus va s'écouler en profondeur (I : infiltration) ou en surface vers les Oueds (R : ruissellement) ceci constitue l'excédent du bilan.

2<sup>ème</sup> cas : Si  $P < ETP$   $\longrightarrow$  dans ce cas on puisera dans les réserves du sol jusqu'à ce que l'ETR soit égale à l'ETP. Une fois le stock est épuisé ; l'ETR sera égale au pluviomètre ( $ETR = P$ ).

On aura donc un déficit du bilan qui représente la quantité d'eau qu'il faudra ajouter dans ce cas à l'ETR pour atteindre l'ETP.

**Tableau 9** : Bilan de l'eau selon la méthode de C.W.THORTHWAITE (station d'Abalessa 1992 – 2008)

	<b>Tp</b>	<b>IT</b>	<b>CL</b>	<b>ETPC</b>	<b>Pr</b>	<b>BH</b>	<b>CH</b>	<b>VR</b>	<b>RU</b>	<b>ETPR</b>	<b>Def</b>	<b>Exc</b>
<b>S</b>	31	15,8	1,03	135,0	5,6	-129,4	-1,0	0,0	0,0	5,6	129,4	0,0
<b>O</b>	26,4	12,4	0,97	79,8	3	-76,8	-1,0	0,0	0,0	3,0	76,8	0,0
<b>N</b>	20,5	8,5	0,86	33,9	0,1	-33,8	-1,0	0,0	0,0	0,1	33,8	0,0
<b>D</b>	26,2	12,3	0,81	65,1	0,3	-64,8	-1,0	0,0	0,0	0,3	64,8	0,0
<b>J</b>	14,5	5,0	0,87	12,6	0,5	-12,1	-1,0	0,0	0,0	0,5	12,1	0,0
<b>F</b>	17,3	6,5	0,85	20,5	0,6	-19,9	-1,0	0,0	0,0	0,6	19,9	0,0
<b>M</b>	21,9	9,4	1,03	49,2	2,6	-46,6	-0,9	0,0	0,0	2,6	46,6	0,0
<b>A</b>	26,3	12,3	1,10	89,5	0,5	-89,0	-1,0	0,0	0,0	0,5	89,0	0,0
<b>M</b>	31,3	16,1	1,21	163,1	1,2	-161,9	-1,0	0,0	0,0	1,2	161,9	0,0
<b>J</b>	32,6	17,1	1,22	185,1	4	-181,1	-1,0	0,0	0,0	4,0	181,1	0,0
<b>J</b>	33,4	17,7	1,24	201,9	3,4	-198,5	-1,0	0,0	0,0	3,4	198,5	0,0
<b>A</b>	32,6	17,1	1,16	176,0	17,4	-158,6	-0,9	0,0	0,0	17,4	158,6	0,0
<b>Annuel</b>	<b>26,2</b>	<b>150,2</b>		<b>1211,6</b>	<b>39,2</b>	<b>-1172,4</b>				<b>39,2</b>	<b>1172,4</b>	<b>0,0</b>

**Tp** : Température mensuelle moyenne (°C)

**IT** : Indice thermique du mois considéré (°C)

**CL** : Coefficient de correction

**ETPC** : Evapotranspiration potentielle (mm)

**Pr** : précipitation mensuelle moyenne (mm)

**ETR** : Evapotranspiration réelle (mm)

**RFU** : refis

**DEF**: déficit

**EXC**: excédante en (mm)

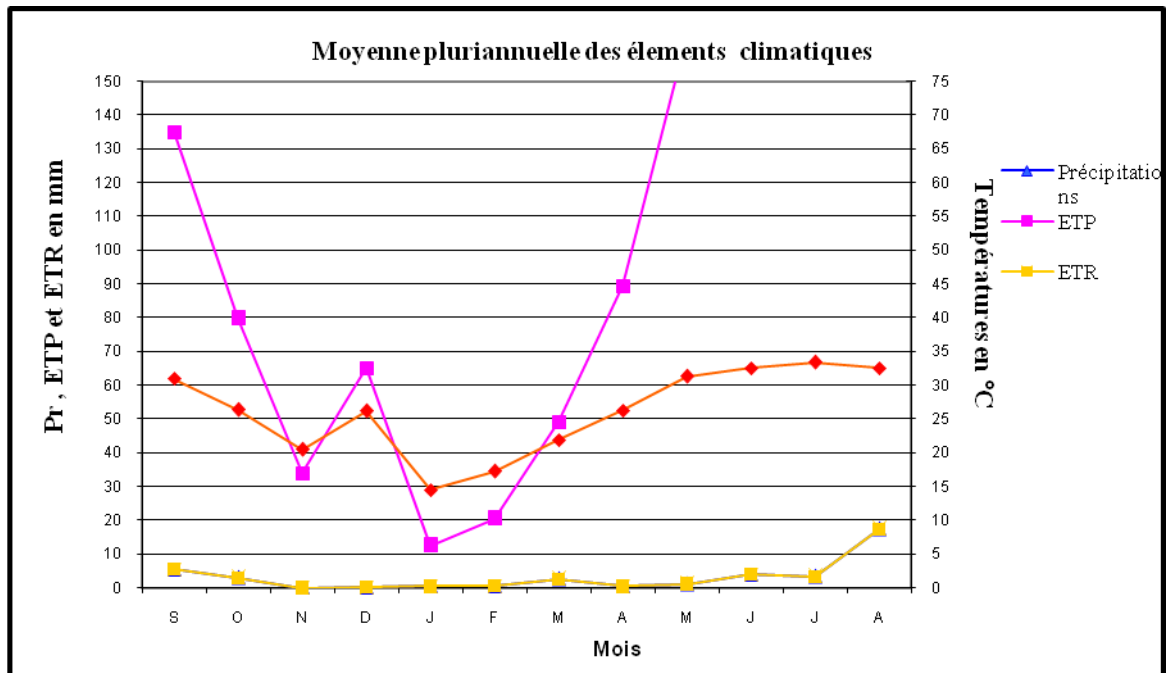


Fig 8 : La présentation des paramètres climatiques

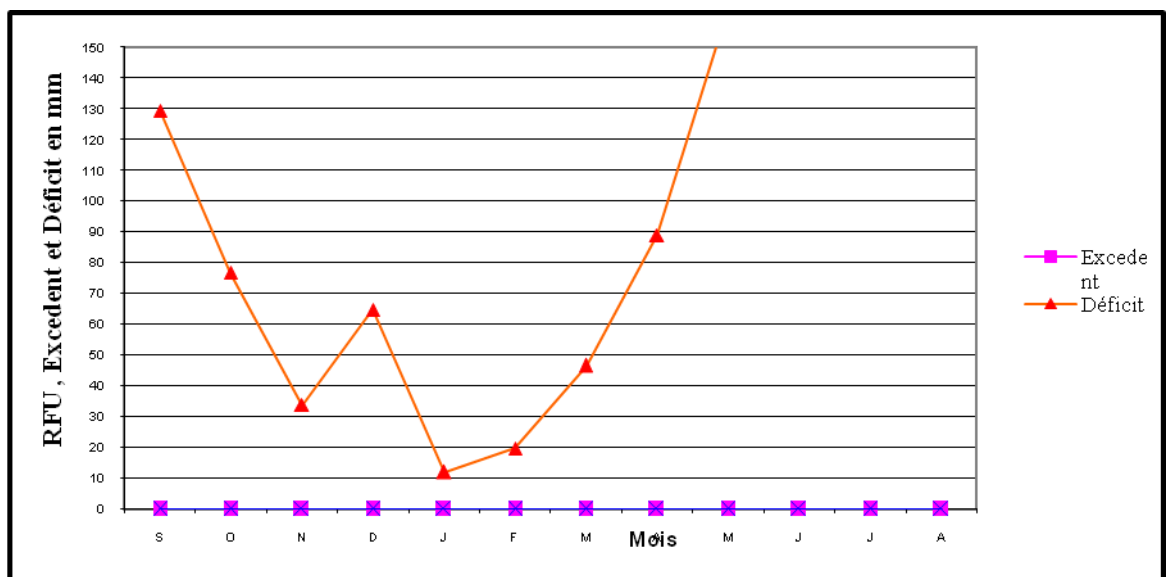


Fig 9 : La présentation les bilans hydrique de la région d'Abalessa

A partir de tableau n°9 on remarque que :  $P < ETP$  dans ce cas puisera dans les réserve du sol jusqu'à ce que l'ETP sera à égale P, une fois le stock est épuisé ; sera égal à la pluviométrie ( $ETP = P$ ), que tous les mois sont déficitaires.

L'ETR moyenne annuelle est égale à 39,2 mm soit 100 % des précipitations.

## Conclusion

Les paramètres climatologiques ont été déterminés sur bas des observations recueillies au niveau de la station d'Abalessa.

La précipitation annuelle est très faible, elle de l'ordre 39.2 mm. Dans la région d'étude la Période sèches qui caractérisé mon climat.

La température moyenne mensuelle est très élevée durant toute l'année et la température moyenne annuelle calculée à partir des moyens mensuels est 26.2 C° et par conséquence L'évapotranspiration potentielle est très élevée, L'humidité relative est très faible et ne dépasse guère le seuil 50 %.et  $p < ETP$  dans ce cas puisera dans les réserve du sol jusqu'à ce que l'ETR sera à égale, une fois le stock est épuisé ; sera égal à la pluviométrie ( $ETR = P$ ).

Le déficit variant aux saisons au l'autre mais généralement plus élève sauf en hiver janvier (12,1) ; et RFU presque nulle comme le déficit.

***CHAPITRE III***  
***HYDROGEOLOGIQUE***

## I- Introduction

Partie de la géologie qui s'occupe de la circulation des eaux dans le sous – sol (recherche des nappes, évaluation des réservoirs, captages et débits possibles,...). Aussi nappe d'eau souterraine.

Avant d'aborder toutes ces questions, rappelons que des travaux hydrogéologiques, ont été réalisés durant les deux décennies écoulées, dans quelques vallées alluvionnes autour d'Abalessa, ceci dans le but d'évaluer les ressources en eau dans ces vallées et le suivi piézométrique des nappes au cours du temps, ce fut le cas de la gouttière de l'Oued Abalessa.

## II-Système d'aquifère

En ce qui concerne les nappes d'inféoflux on va que les études précédentes limitées à quelques Oueds dans certaines zones permettent des quantifications des réserves et des ressources, on a remarqué, en outre, que ces bassins peuvent représenter les plus importantes zones de recharge actuelle des eaux souterraines dans le Hoggar. au stade actuel, il n'est pas conseiller de commencer une étude hydrogéologique globale comprenant des travaux géophysiques et de forages afin d'évaluer les ressources hydrauliques reliées aux bassins pas encore étudiés, étant donné que ces travaux peuvent comporter des maintenant des investissements qui pourront par contre et être fait au fur et à mesure que l'on repérera de nouvelles exigences d'eau

Actuellement, par contre, il est conseiller de prédisposer par de nouvelles données les quantifications que l'on pourra faire de ces ressources et d'essayer de comprendre la relation qui existe entre ces nappes autres eaux souterraines existant dans le Hoggar.

### II-1-1- Les formations susceptibles d'être aquifères

Dans le présent mémoire, seule la nappe des alluvions, fait l'objet de étude, mais il est utile de rappeler sont contexte géologique et hydrogéologique.

#### II-1-1-1- Arènes granitiques

Elles sont facilement reconnaissables sur les photos aériennes grâce à la teinte claire qu'elles présentent.

Elles occupent des larges surfaces dans la partie aval du bassin versant de l'Oued Abalessa. Ces formations résultent de la désagrégation des granites donnant des débris, qui sont à l'origine des sables (roches résiduelles), d'épaisseur assez faible

#### **II-1-1-2- Les alluvions d'Oueds :**

Les alluvions fluviales tapissent les fonds d'Oueds, et proviennent-en grande partie dans le secteur qui nous intéresse, du remaniement des gneiss.

Dans la vallée d'Abalessa les alluvions forment deux terrasses étagées constituées des roches essentiellement gneiss, gneiss altéré, graviers, sables grossiers, sables fins limoneux.

L'exception de l'Oued d'Abalessa dans la zone de la faible majeure ou l'épaisseur des alluvions atteint 8- 20m, la moyenne 12 – 13 m. La nappe aquifère est à surface libre (ou d'infiltration), son niveau piézométrique se situe à une profondeur allant de 1.2 – 17 m en fonction du relief.

Les alluvions sont largement répandues dans les vallées des oueds les plus importants, à savoir Abalessa, Tit ... Les formations aquifères sont : sables-graviers-galets. L'épaisseur des alluvions de l'oued Abalessa atteint 8-20 m.

Elles sont formées essentiellement de sables fins, moyens et grossiers présentant ainsi un classement hétérogène. L'épaisseur moyenne de ces alluvions est de 20 m ; elle diminue d'amont en aval. Après le passage de la crue de novembre 2002, une couche limoneuse, recouvrant une surface importante a été observée démontrant l'importance du remaniement alluvionnaire.

Qualitativement la lithologie rencontrée, tant au niveau du site du futur barrage souterrain qu'au niveau de toute section choisie dans la nappe, donne à l'aquifère un caractère plutôt d'aquifère multicouche où les niveaux ont une perméabilité différente.

#### **II-1-1-3- Les altérites :**

Les alluvions, qui tapissent les fonds d'Oueds, résistent très mal à l'altération. Aussi bien par la dimension du grain que par l'allure des affleurements, tous les intermédiaires existent entre le granite grossier et les granites fins.

**II-1-1-4-Le socle cristallin :**

Il regroupe une grande variété des roches cristallines et cristallogéniques, qui sont pour la plupart métamorphiques (gneiss, migmatites, micaschistes), mais les possibilités aquifères de ces différentes catégories de roches sont très limitées, elles sont conditionnées par l'importance de la fissuration et l'altération qui les affectent.

**III- Etude de la nappe de l'inféoflux de l'oued Abalessa :****III-1- La nappe de l'inféoflux**

C'est une nappe constituée de terrain mixte formé par des alluvions sur un substratum altéré issu de roche fissurée et passe progressivement à la roche saine, cette nappe est alimentée par sa surface libre en période de crue.

**III-2- La géométrie de l'aquifère**

La morphologie de la cuvette est favorable à la conservation souterraine des eaux. Il s'agit d'une gouttière topographique limitée par un relief gneissique, comblée d'alluvions provenant de la désagrégation de roches cristallines, la portion étudiée, elle commence à la confluence des oueds Tite- Ou Toul et se termine à 30 km plus à l'aval.

**IV- Les Paramètres hydrodynamique****IV-1-Généralités**

Nous avons effectué un essai de pompage au niveau du puits, à fin de déterminer la valeur de la transmissivité (T) de l'aquifère.

**IV-2- Interprétation des essais :****a) Formule utilisée :**

Pour le calcul de la transmissivité (T), nous utiliserons la formule d'approximation logarithmique de C.E.JACOB, appliquée aux nappes libres en régime transitoire.

A la base des résultats obtenus, on a tracé les courbes donnant



$$\Delta = f \left[ \log \frac{t+t'}{t'} \right], \text{ pour la remontée.}$$

$\Delta$  : Rabattement en mètre observé dans le forage.

$t$  : Durée de pompage.

$t'$  : Durée de remontée à l'instant donné.

Cette formule donc, donne la valeur du rabattement à l'instant ( $t$ ) correspondant :

$$\Delta = 0.183 \frac{Q}{T} \log 2.25 \frac{Tt}{r^2S}$$

$T$  : T transmissivité ( $m^2 / s$ )

$t$  : temps écoulé a un instant donné depuis le début de pompage, en secondes.

$r$  : Distance du piézomètre à l'axe du puits en mètre

$S$  : Coefficient d'emménagement, sans dimension

La courbe de la remontée est donnée par le graphe

$$\Delta = f \left[ \log \frac{t+t'}{t'} \right]$$

Elle exprime l'évolution du rabattement en fonction du temps, après l'arrêt du pompage.

Le rabattement est dit ce fait résiduel.

Ce rabattement est influencé par deux paramètres :

+  $\Delta_1$ , Rabattement du à une poursuite fictive du pompage

$$\Delta_1 = 0.183 \frac{Q}{T} \log 2.25 \frac{Tt}{r^2S}$$

+ ( $-\sigma_1$ ), une remontée due à une injection fictive dans le forage,

$$\sigma_1 = 0.183 \frac{(-Q)}{T} \log 2.25 \frac{Tt}{r^2S}$$

$$\Delta_{\text{résiduel}} = \Delta_1 + \sigma_1 = 0.183 \frac{(-Q)}{T} \log \left[ \log \frac{t+t'}{t'} \right]$$

Dans l'oued Abalessa, la zone de la faille majeure, où l'épaisseur des alluvions augmente, le débit des sondages n° 192 et 193 est de 1.48 – 6.01 l/s pour les rabattements de 8.37 -1.35 m. Le coefficient de perméabilité varie de 66 à 44.4 m/j, la transmissivité de 970 à 1016 m<sup>2</sup>/j. le débit du puits n° 35 (l'oued d'Abalessa, les alluvions actuelles) est de 8 l/s pour le rabattement de niveau de 1.4 m.

### V- Piézométrie

Excavation généralement cylindrique, creusée manuellement, et souvent en partie maçonnée, destinée à atteindre et à exploiter la première d'eau souterraine libre (nappe des puits ou nappe phréatique).

N'importe quelle cavité s'enfonçant profondément, naturelle (p. ex. puits karstique) ou artificielle (p. ex. puits de mine), même résultant d'un forage (puits de pétrole)



*Fig10 : Méthode et suivi du travail les puits*

**V-2- Matérielle utilise pour les échantillonnages**



**Fig11 : G.P.S**



**Fig12 : Sonde lumineuse**

L'instrument de mesure de la coordonnées géographiques (X.Y. Z) par les puits sont les G.P.S et le Sonde lumineuse mesure le niveau statique de l'eau par l'atmosphère.

Quand l'embout touche le fond, le signal sonde lumineux s'éteint, un embout de diamètre 20 mm attaché a une bande graduée en centimètre de 50 m longueur (Fig 12.) . Permet des mesures dans des puits très fins (non utilisable avec contacteur de fond). Le contact entre la pointe de l'embout et l'eau et l'eau entre le point de l'embout et l'eau, ferme le circuit et allume le signal lumineux et sonore.

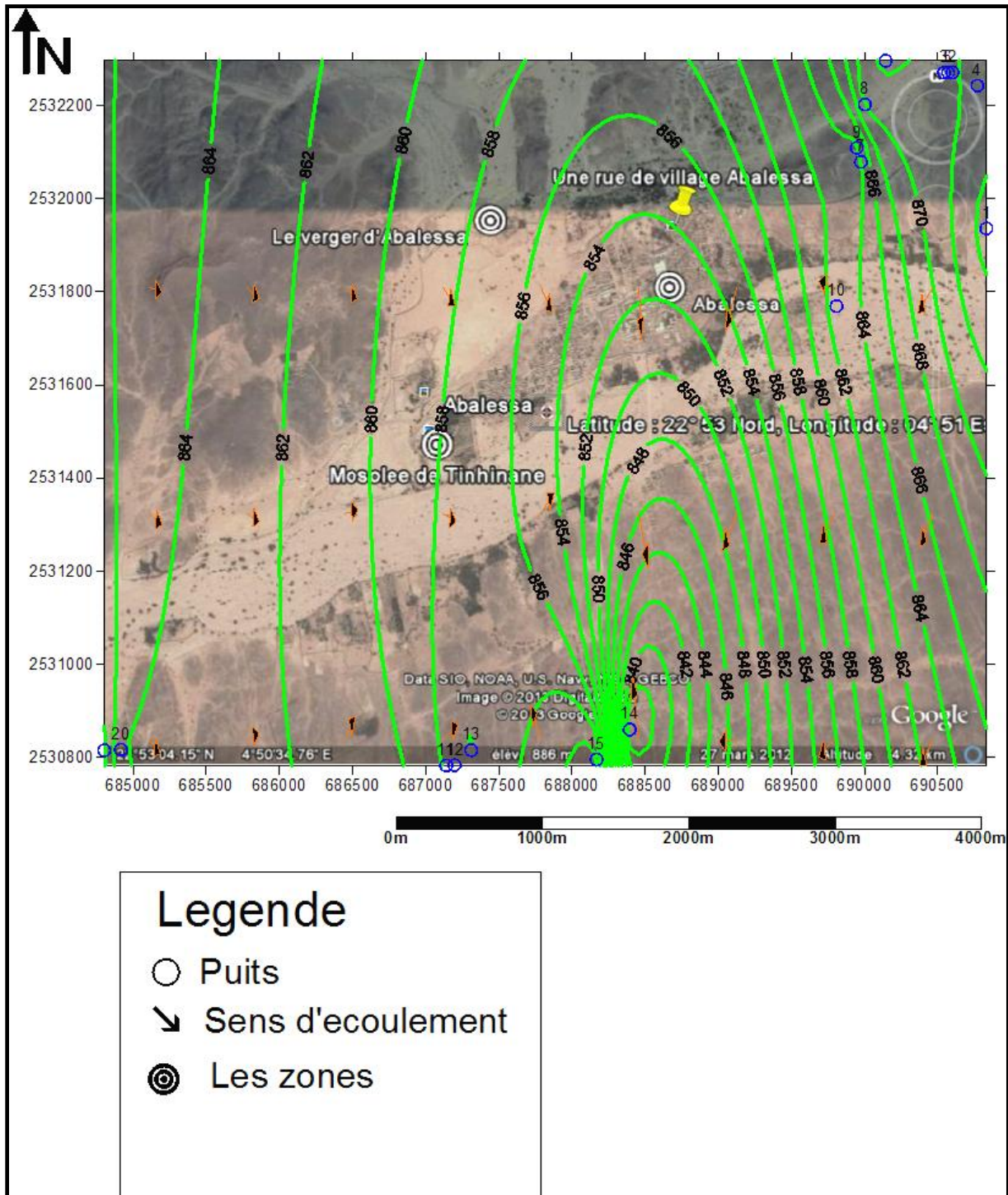


**Fig13** : Sonde électrique

### **V-3- Carte piézomètre**

#### **V-3-1- Elaboration des cartes :**

Afin de dresser la carte piézométrique, nous avons tout d'abord procédé à un nivellement de tous les points d'eau à l'aide d'un théodolite. L'approche des abords des puits étant dangereuse et l'absence des margelles au niveau des puits nous ont posés quelques problèmes pour effectuer ce nivellement. Au total, 20 puits ont été l'objet des prélèvements de niveau piézométrique.



**Fig14** : Carte piézométrique de la nappe de l'inféoflux dans la région d'Abalessa

Mars 2013

**V-3- 2-Interprétation des cartes :****V-3-2- 1- Sens d'écoulement**

L'observation des cartes piézométriques, montre que l'inféroflux semble être canalisé par la gouttière topographique de l'Oued Abalessa.

Cette carte montrant que la forme générale des courbes isopièze est une forme subarrondie circulaire ou elliptique au Nord-est et Sud- Ouest de la région Abalessa on peut appeler dôme piézométrique d'alimentations, avec des lignes de courant convergentes au centre, ce convergent s'applique que le l'écoulement dans cette partie est fort à cause de l'effet de forage de captage . On remarque également des lignes presque parallèles de courant divergentes (ligne de partage des eaux) entre les différentes zones de captage. Jusqu'à l'erg Chèche, ça signifie que l'écoulement dans cette partie est constante.

**V-3-2- Estimation des débits de l'inféroflux**

La nappe des alluvions étant supposée libre et milieu physique est de type poreux caractérisé par un écoulement continu. La surface saturée d'eau représente à l'axe du futur barrage une surface d'environ 500 m<sup>2</sup> (mesurée par planimétrie). Elle est d'ailleurs plus importante en allant vers l'amont.

L'alimentation de la nappe de l'oued d'Abalessa s'effectue par les suivants :

- Les précipitations directes sur la surface de la cuvette
- L'infiltration des eaux lors d'une crue
- L'apport probable à la faveur des fissures existantes au niveau du substratum (hypothèse étayée par les axes de drainages qui convergent vers le verrou topographique représentant l'endroit choisi pour le site)

On tente d'estimer le débit (Q) du sous écoulement de l'inféroflux à l'exutoire (correspondant à l'axe du barrage) et ce en utilisant la loi de DARCY :

$$Q = K \cdot S \cdot I$$

Avec :

**Q** : Débit du sous écoulement de l'inféroflux (m<sup>2</sup> / s)

**K** : Perméabilité moyenne des alluvions égal à 5.10<sup>-3</sup> m / s

**I** : Le gradient hydraulique calculé est égale à 10<sup>-3</sup>

On tente d'estimer le débit de l'inféroflux

$$Q = 2.5 \text{ l / s}$$

$$Q = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

**CHAPITRE IV**  
**HYDROCHIMIQUE**

## Introduction

Les paramètres soumis à l'étude sont très différents, suivant l'origine de l'eau brute. Les paramètres choisis sont principalement ceux exprimant la qualité physico-chimique de l'eau. Il existe des valeurs des éléments contenus dans l'eau qui doivent être connus pour apprécier la notabilité d'une eau de consommation.

L'identification de ces éléments est une tâche ardue ; qui nécessite beaucoup de temps. Ainsi en accord avec le laboratoire de l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H) et l'office de recherches géologiques et minières (O.R.G.M), nous avons limité nos analyses.

La démarche à suivre dans l'étude hydrochimique de la nappe Inféoflux est la suivante:

- Interprétation des résultats de mesure des différents paramètres physico-chimiques.
- Déterminer le faciès chimique.

## I-Etudes des paramètres physico- chimiques

### I-1-Paramètres physiques :

#### I- 1-1- Température

La température joue un rôle très important dans la mobilité des sels et des gaz, donc sur la conductivité électrique, elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur ou le mélange éventuel entre les eaux.

#### I-1-2-Le potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH est par définition une mesure de l'activité des ions  $H^+$  contenus dans une eau :

$$PH = -\log [H^+ ]$$

L'échelle du PH, logarithmique s'explique pour des activités comprises entre  $1 < PH < 14$ . Cette méthode est surtout utilisée pour les mesures précises. Elle est également appliquée dans des cas particuliers comme la mesure du pH des eaux très douces et des eaux contenant des protéines.

Sa valeur varie en fonction de l'action de la force ionique :

**Tableau10** : classification des milieux des eaux naturelle par rapport au PH

PH < 5	Acidité forte (présence des acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles)
PH = 7	Milieu neutre
7 < PH < 8	Neutralité approchée (majorité des eaux de surface)
5.5 < PH < 8	Majorité des eaux souterraines
PH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense



### ➤ Principe

La mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel-Cl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon la loi de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$

$$E = E_0 + \frac{2.3 RT}{nF} \text{Log}Ah$$

**E**: potentiel mesuré

**E<sub>0</sub>**: constante dépendant du choix de l'électrode de référence et des Solution internes.

**R** : constante des gaz (j /C°) ;

**T** : température en C° ;

**n** : charge de l'ion ;

**F** : constante de faraday=96500C ;

**Ah** : activité de l'ion dans l'échantillon.

### ➤ Matériel spécial

- ❖ Electrode spécifique
- ❖ Electrode combinée
- ❖ pH- mètre

**Fig15** : pH- mètre

Pour calculer le PH,  
Qui indique l'acidité ou  
La Basicité des solutions



### I-1- 3- La conductivité électrique :

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau compris entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/ m). Elle s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ).

**I-2-Paramètre chimique :**

Les analyses chimiques des cations et des anions majeurs des eaux souterraines est une opération indispensable, qui permet une meilleure compréhension des phénomènes qui interviennent dans les nappes.

**I-2-1-Les cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) :****I-2-1-1-Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )**

Le calcium qui est un élément de la dureté est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout sous forme de sulfates et de chlorures. Les eaux de pluies n'en referment que des traces. Les quantités susceptibles d'être ingérées en boisson sont estimées approximativement de 0,7g à 1g par jour.

**➤ Principe**

Prendre aliquote 50ml puis ajouter 20ml de KOH à 20% et plus petite quantité de calcine (coloration vert) puis on titre avec la solution de EDTD à 0.05N jusqu'à la coloration en rose.



**Fig 17:** Erlen Meyer



**Fig18 :** Coloration vert s'explique par la formation  
D'un complexe de calcine avec  $\text{Ca}^{2+}$

**I-2- 1-2- Magnésium  $Mg^{2+}$** 

Le Magnésium est un élément de la dureté. Il ne provoque pas de phénomène toxique. L'interprétation des taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates. Aussi le comité des experts de l'O.M.S conseille de ne pas tolérer plus de 30mg/l si l'eau contient en même temps 250mg/l environ de sulfate. Si la quantité de sulfate est inférieure, on peut tolérer comme concentration limite approximative 125mg/l.

**➤ Principe**

Prendre aliquote 50ml ajouter 10ml de solution tampon PH=10 et une quantité de bleu de méthyle thymol (coloration bleu) puis titrer avec EDTA 0.05N jusqu'à obtention de l'incolore.



**Fig 19:** Coloration bleu due à la formation d'un composé  
De bleu de méthyle thymol avec ( $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ).

**I-2-1-3-Sodium ( $Na^+$ ) et Potassium ( $K^+$ )**

Les analyses sont effectuées en utilisant la méthode spectrophotométrie à flamme aux longueurs d'ondes adéquates



**Fig20 :** Spectrophotométrie à flamme

**I-2-2-Les anions ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ) :****I-2-2-1-Chlorures ( $Cl^-$ )**

L'eau en contient presque toujours mais en proportion très variable. La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Les chlorures rencontrés en grande quantité dans les eaux souterraines peuvent avoir une origine multiple :

- ❖ De l'intrusion d'eau marine dans les régions côtières.
- ❖ Des rejets d'eau usées d'origine domestique et industrielle.
- ❖ De la dissolution des sels par lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentration dans les eaux, ayant traversées la formation argilo sableuses ou argileuses. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et réservoirs à partir de 50mg/l (norme de l'O.M.S).

➤ **Principe**

Les ions  $\text{Cl}^-$  sont dosés en milieu neutre par précipitation avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur. La fin du dosage est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge due à la formation d'un précipité de chromate d'argent.

➤ **Réactifs**

- ❖ Solution de chromate de potassium à 10%.
- ❖ Solution de nitrate d'argent à 0,05N.



**Fig21** : Chromate de potassium coloration brun en milieu acide



**Fig22** : Chromate de potassium coloration brun en milieu basique

**I-2-2-Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Sont toujours présents dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau provient soit :

- De la légère solubilité des sulfates de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) présents dans les formations gypseuses.
- Du lessivage des terrains argileux et marneux.
- Des eaux usées contenant de l'acide sulfurique

**❖ Principe**

Les sulfates sont dosés par colorimétrie, en présence de chlorure de baryum, de bichromate de potassium, d'ammoniac et d'acide perchlorique, qui développent une coloration jaune.



**Fig 23:** Méthyle orange coloration jaune en milieu basique



**Fig 24:** Méthyle orange coloration rouge en milieu acide



**Fig25 :** Précipité blanc



**Fig26:** Bruler les papiers filtre



**Fig27:** Four a moufle : pour la  
Calcination à  $T^{\circ} = 900^{\circ}\text{C}$



**Fig28:** Les creusets après la calcination.



**Fig29:** Peser des creusets

### I-2-2-3-Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ):

Dans les eaux minérales destinées à l'alimentation, l'alcalinité est principalement due à la présence d'ions carbonate  $\text{CO}_3$  et hydrogénocarbonates  $\text{HCO}_3$ . L'alcalinité d'une eau est mesurée par un dosage avec acide fort

#### ➤ Principe ( $\text{CO}_3^{2-}$ )

Prendre aliquote 50ml ajouter 5 à 6 gouttes phénolphtaléine s'il ya coloration rose titrer par HCL à 0,05N jusqu'à disparition de cette col



**Fig30 :** Incolore l'eau analysée ne contient pas de  $\text{CO}_3^{2-}$

➤ **Principe (HCO<sub>3</sub>):**

Dans le même aliquote ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange titrer par HCl à 0,05N jusqu'à virage de la tinte jaune au rose



**Fig31:** Méthyle orange coloration jaune en milieu basique.



**Fig32 :** Méthyle orange coloration rouge en milieu acide.

**I-2-2-4-Nitrates(NO<sub>3</sub>) :**

Les nitrates NO<sub>3</sub>, sont rarement présents dans les eaux distribuées. On en trouve cependant dans les eaux naturelles puisqu'ils sont le résultat normal de l'oxydation de l'azote organique (nitrification). En concentration excessive Et associée aux phosphates, ils favorisent le phénomène d'eutrophisation.

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.



Fig33 : Colorimètre



Fig34 : Préparation des étalons.



Fig 34: Chauffer à sec à moins de 70°C

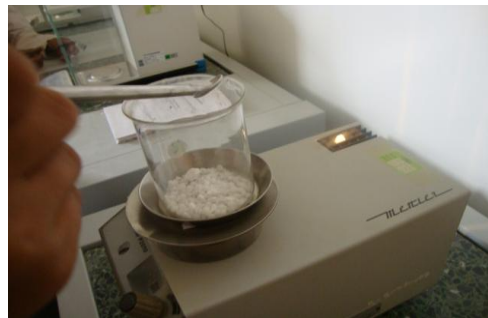


Fig35: Préparation de réactif tartrate de Sodium, potassium.



Fig36 : Dissolution de la masse (Sodium et potassium) dans du bidistillé



Fig 37: Verser les continues des creusets en fiole de 100 puis jauger

➤ **Réactifs**

- ❖ Solution de salicylate de sodium à 0,5% à renouveler toutes les 24 heures.
- ❖ Acide sulfurique concentré. Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate de sodium et de potassium.
- ❖ Solution étalon mère de N du NO<sub>3</sub> à 0,1g/l.
- ❖ Solution étalon fille de N du NO<sub>3</sub> à 5ppm.



## II-Interprétation des résultats

Le tableau suivant montre le résultat des analyses des paramètres physico-chimiques dans la nappe de l'inféroflux.

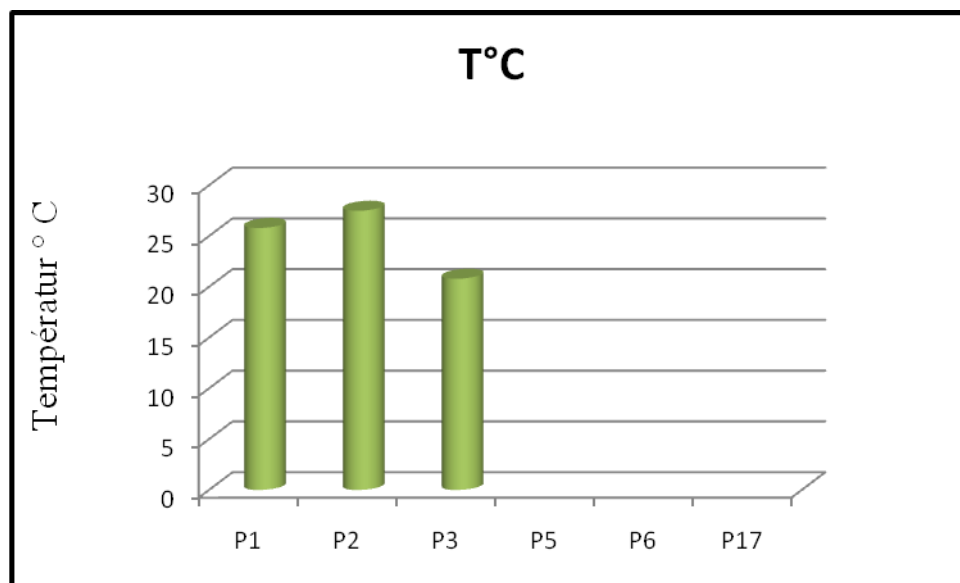
**Tableau11** : Résultats d'analyse des paramètres physico-chimique dans la nappe de l'inféroflux, région d'Abalessa (16/06/2009)

Nom	Ca <sup>2+</sup> mg /l	Mg <sup>2+</sup> mg /l	Na <sup>+</sup> mg /l	K <sup>+</sup> mg /l	Cl <sup>-</sup> mg /l	SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub> mg /l	HCO <sup>-</sup> mg /l	NO <sup>-</sup> <sub>3</sub> mg /l
P1	4,67	35,87	66	2,14			343,2	19,8
P2	46,83	12,05	29,29	2,29			196,6	14,5
P3	28,11	5,27	32,19	3,2			151,3	18,7
P5	43	27	16	2	25	37	198	11,2
P6	79	33	28	2	27	120	262	23
P17	43	70	45	3	60	90	332	12

### II-1-Paramètres physiques :

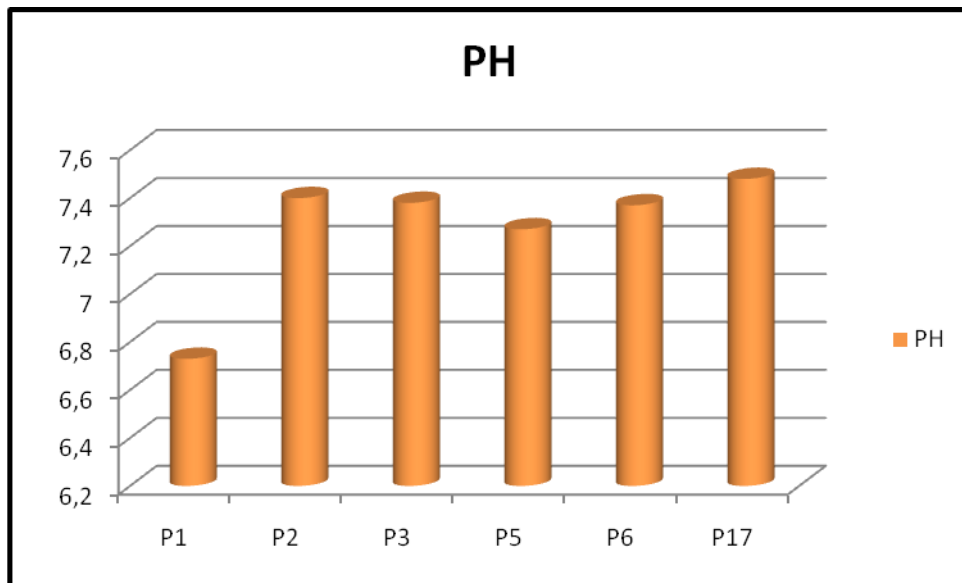
#### II- 1-1- Température

D'après le Fig 38, la température moyenne des eaux de la nappe inféroflux est de l'ordre de 12,35° C



**Fig 38**: Histogramme les valeurs du Température de la nappe inféroflux

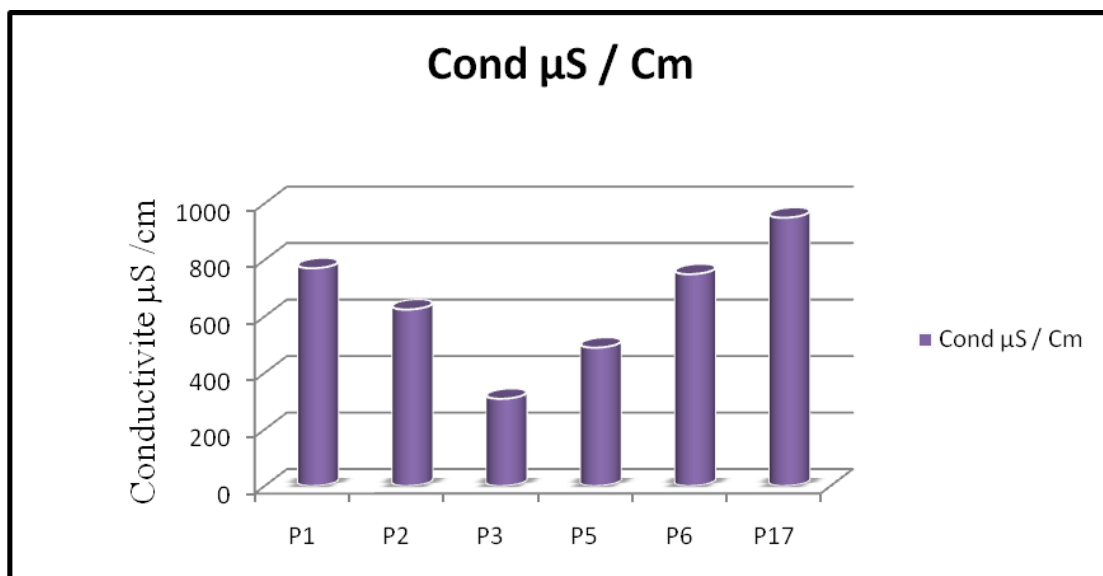
### II-1-2-Le potentiel d'hydrogène (PH)



**Fig 39:** Histogramme les valeurs du PH de la nappe inféroflux

Dans notre région d'étude, les valeurs du PH de la nappe inféroflux varie entre le 6, 73 et 7,48. Au niveau de la majoritié des la région, les valeurs renseignent sur la neutralité de ces eaux

### II-1- 3- La conductivité électrique :



**Fig 40:** Histogramme les valeurs du Conductivité de la nappe inféroflux

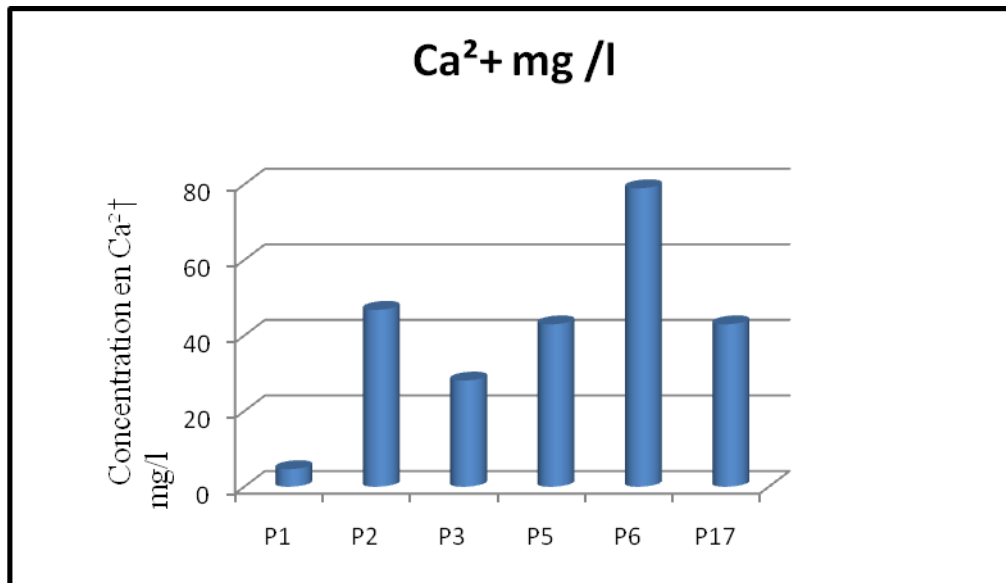
D'après l'historgramme des conductivités électriques on remarque les valeurs sont compris 309µS /cm et 950 µS / cm avec une valeur minimale à P3 et une valeur maximal à P17.

### II-2-Paramètre chimique :

#### II-2-1-Les cations

### II-2-1-1-Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )

Résulte de la dissolution des roches carbonatées en présence du  $\text{CO}_2$  dans l'eau.

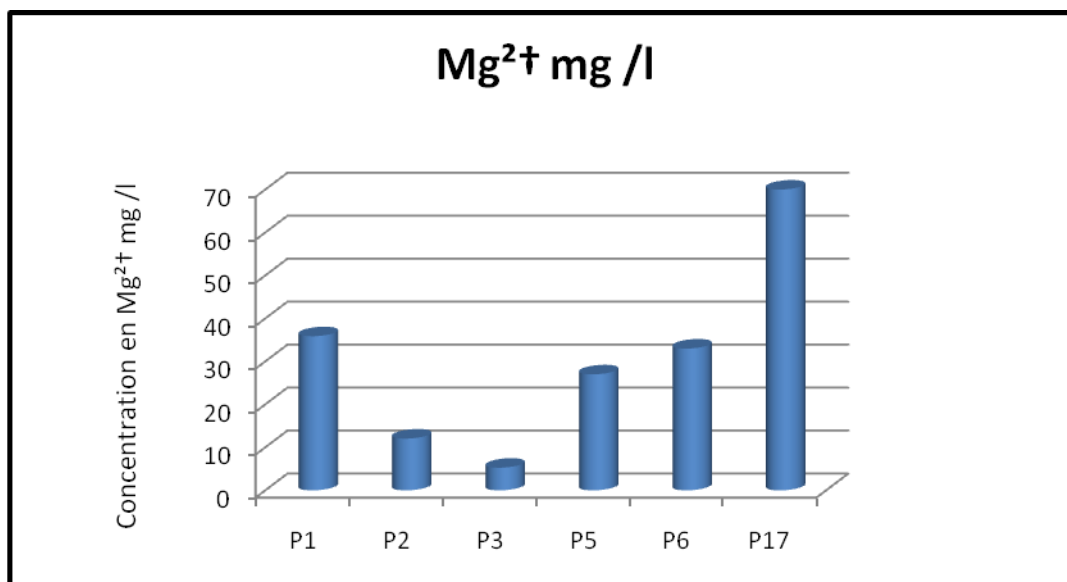


**Fig 41:** Histogramme les concentrations en  $\text{Ca}^{++}$  de la nappe inféoflux

D'après Histogramme les concentrations en  $\text{Ca}^{2+}$  de la nappe inféoflux sont comprises entre 4, 67 mg / l comme valeur minimal à P1, elles vont atteindre la valeur maximal 79 mg / l existe dans le P6.

### II-2- 1-2- Magnésium $\text{Mg}^{2+}$

Peut provenir de la dissolution des formations dolomitiques en présence du  $\text{CO}_2$  ou de la dissolution des dolomies dans les terrains gypsifères.

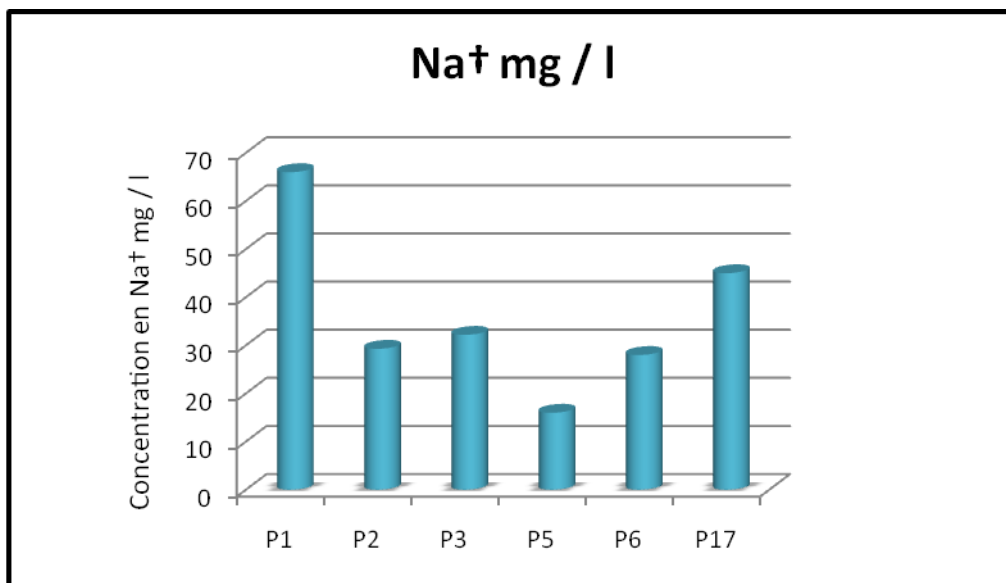


**Fig 42:** Histogramme les concentrations en  $\text{Mg}^{2+}$  de la nappe inféoflux

La teneur en  $\text{Mg}^{2+}$  de la nappe inféoflux sont comprises entre 5,27 mg / l à valeur minimal à P3 et le valeur maximal 70 mg / l existe dans P17.

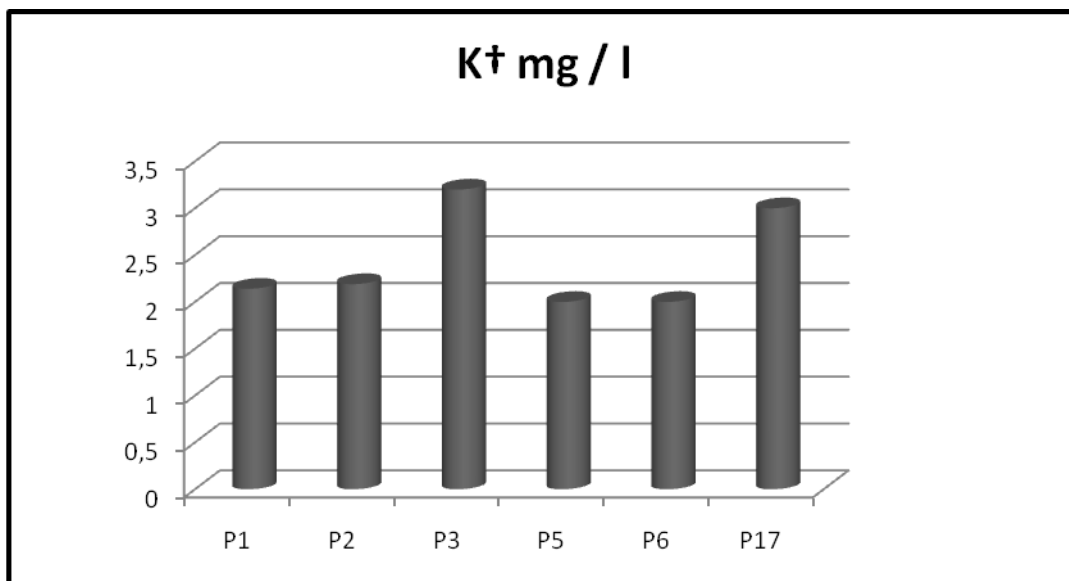
**II-2-1-3-Sodium ( $\text{Na}^+$ ) et Potassium ( $\text{K}^+$ )****a) Sodium ( $\text{Na}^+$ )**

Pour le sodium, il est présent dans les structures de divers minéraux des roches magmatiques, il est facilement entraîné. On le trouve essentiellement sous forme de chlorure dans les évaporites.



**Fig 43:** Histogramme les concentrations en  $\text{Na}^+$  de la nappe inféroflux

Le teneur en  $\text{Na}^+$  la nappe inféroflux sont comprises entre 19 mg / l à valeur minimal à P5 et la valeur maximal 66 mg / l existe dans P1.

**b) Potassium ( $\text{K}^+$ )**

**Fig 44:** Histogramme les concentrations en  $\text{K}^+$  de la nappe inféroflux

Le teneur en  $K^+$  la nappe inféroflux sont comprises entre 2 mg / l à valeur minimal à et la valeur maximal 3, 2 mg / l, la valeur constant.

II-2-2-Les anions

II-2-2-1-Chlorures ( $Cl^-$ )

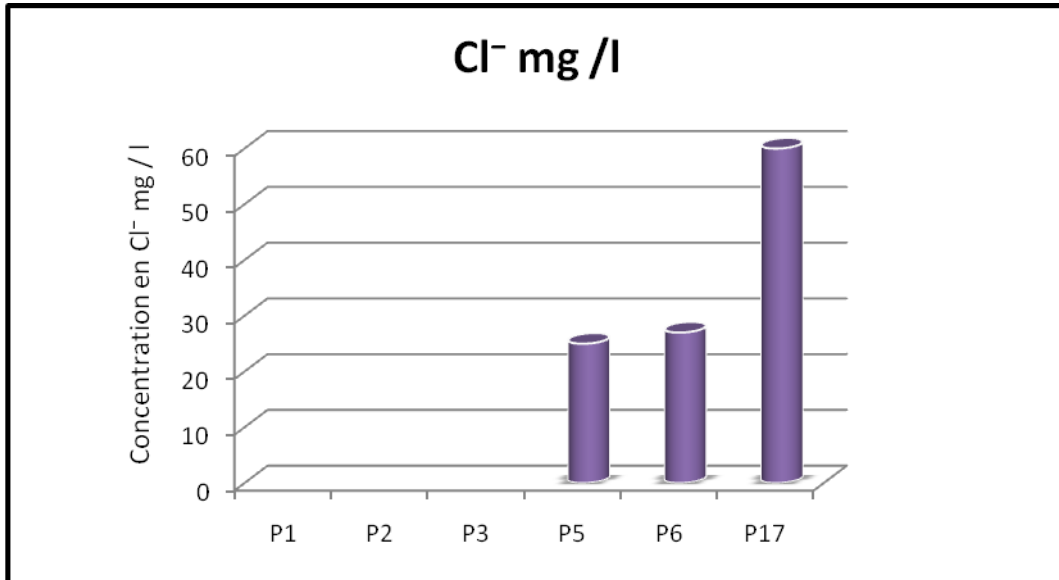


Fig 45: Histogramme les concentrations en  $Cl^-$  de la nappe inféroflux

Le teneur en  $Cl^-$  la nappe inféroflux sont comprises entre 25 mg / l à valeur minimal à P5 et la valeur maximal 60 mg / l existe dans P17.

II-2-2-2Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )

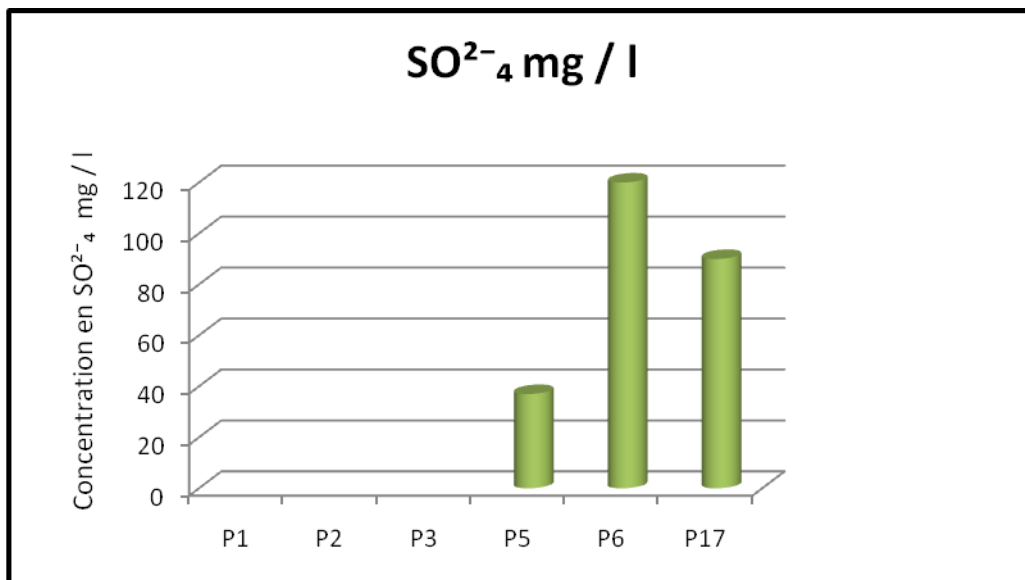
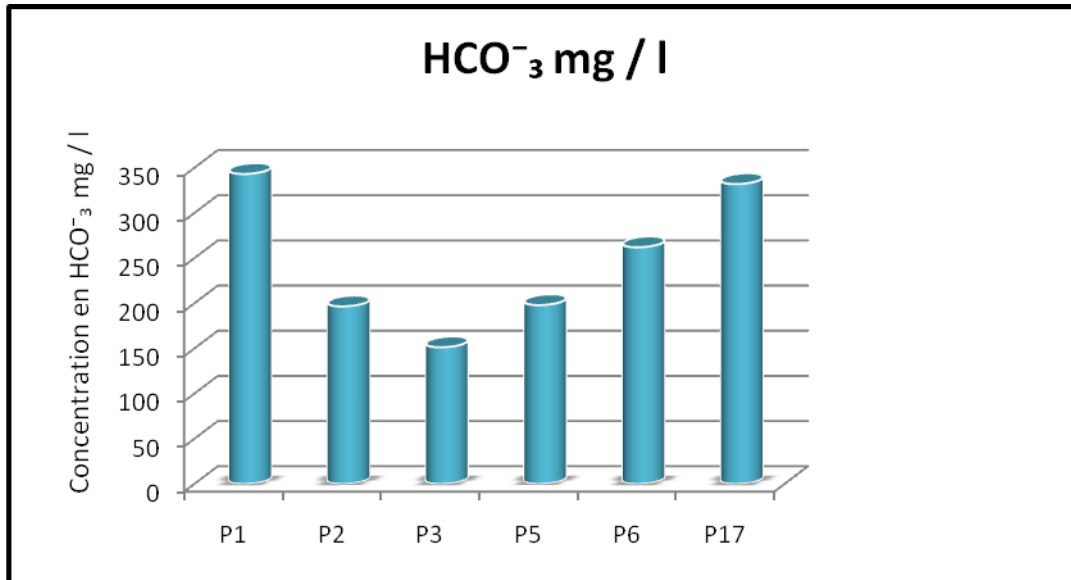


Fig 46: Histogramme les concentrations en  $SO_4^{2-}$  de la nappe inféroflux

Le teneur en  $\text{SO}_4^{2-}$  la nappe inféroflux sont comprises entre 37 mg / l à valeur minimal à P5 et la valeur maximal 120mg / l existe dans P6.

### II-2-2-3-Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ):

Proviennent de la dissolution des roches carbonatées dans l'eau qui est fonction de la tension en  $\text{CO}_2$ ,

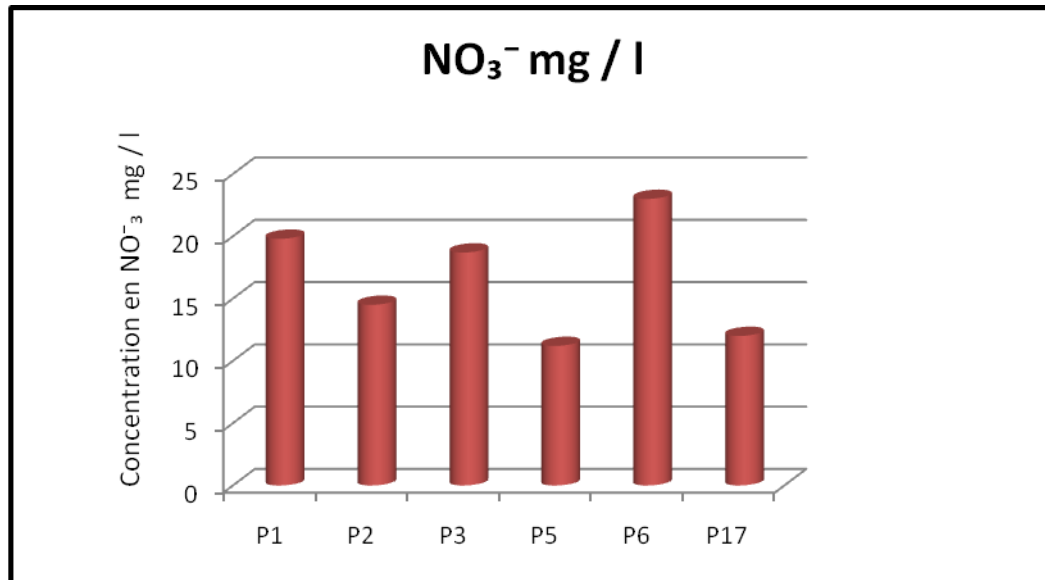


**Fig 47:** Histogramme les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  de la nappe inféroflux

Le teneur en  $\text{HCO}_3^-$  la nappe inféroflux sont comprises entre 151,3 mg / l à valeur minimal à P3 et la valeur maximal 343,2 mg / l existe dans P1.

**II-2-2-4-Nitrates(NO3) :**

Sont rarement présents dans les eaux souterraines, ils proviennent essentiellement de l'azote organique du sol (par l'intermédiaire des bactéries) des engrais chimiques ainsi que les eaux usées.



**Fig 48:** Histogramme les concentrations en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de la nappe inféroflux

Le teneur en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> la nappe inféroflux sont comprises entre 11,2 mg / l à valeur minimal à P5 et la valeur maximal 24,2 mg / l existe dans P6.

Il faut signaler que tous les paramètres physico-chimiques ne dépassent pas les normes algériennes de potabilité, ce qui rend l'eau de cette nappe est de bonne qualité.

**II-2-3- Le faciès chimique des eaux****Représentation graphique des eaux sur le diagramme losangique de PIPER**

Ce diagramme comporte un losange et deux triangles équilatéraux dont les cotes sont subdivisées en 100 parties égales correspondants a des pourcentages par rapport a :

- un triangle destiné aux cations
- un triangle destiné aux anions

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet d'avoir, une approche vraie de la composition chimique d'une eau.

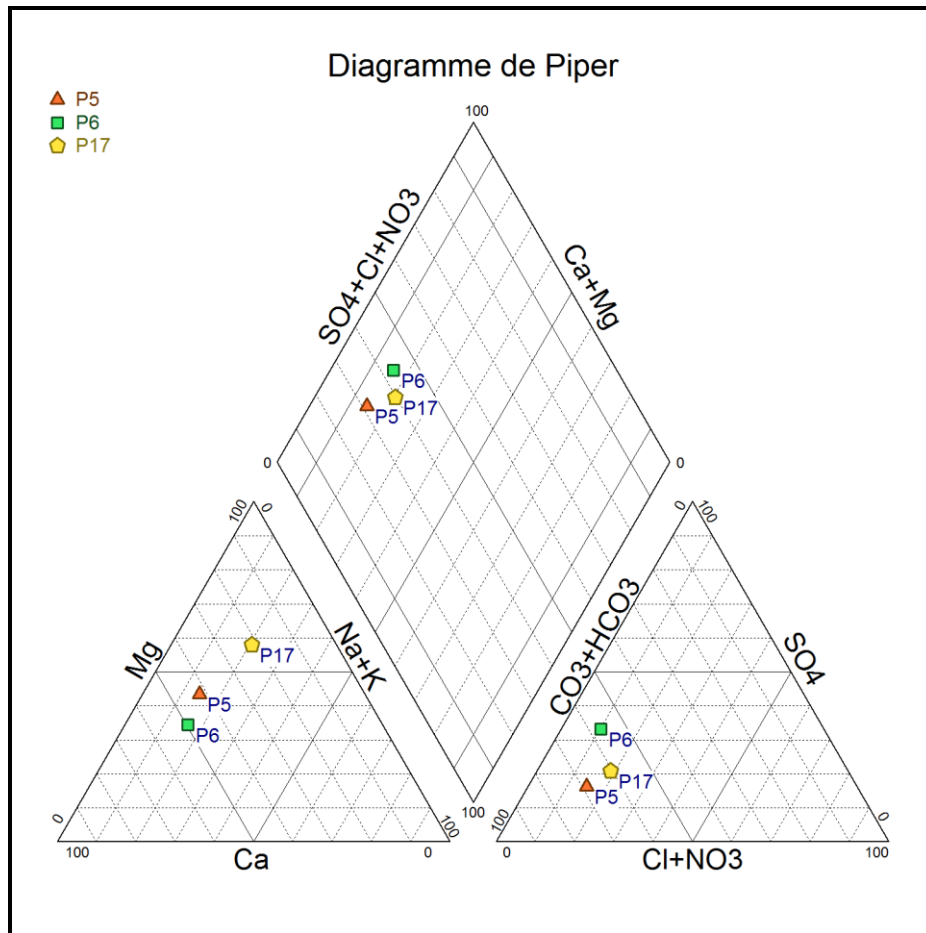


Fig 49: Diagramme de Piper (la nappe inféroflux d'Oued Abalessa, 16/06/2009).

**Calcule les facies chimique :**

Pour le balance ionique, les analyses suivantes sont exprimées en mg /l sont données dans le tableau

**Tableau 12 :** les analyses suivantes sont exprimées en mg /l

N° puits	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
P5	43	27	16	2	25	37	189	11,2
P6	79	33	28	2	27	120	262	23
P17	43	70	45	3	60	90	332	21

1) P5

Le facies chimique

Ca<sup>2+</sup> = 43 x 2 / 40 à Ca<sup>2+</sup> = 2,15 meq / l pour la même chose les éléments ioniques Mg<sup>2+</sup> = 2,25 meq/l

Na<sup>+</sup> = 0,69 meq / l

K<sup>+</sup> = 0,05 meq / l

Cl<sup>-</sup> = 0,70 meq / l

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 0,77 meq / l

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 3,24 meq / l

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 0,18 meq / l

Le facies chimique P5 Bicarbonatée magnésienne



2) P6

$$\text{Ca}^{2+} = 3,95 \text{ meq/l}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 2,75 \text{ meq/l}$$

$$\text{Na}^+ = 1,21 \text{ meq/l}$$

$$\text{K}^+ = 0,05 \text{ meq/l}$$

$$\text{Cl}^- = 0,76 \text{ meq/l}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 2,5 \text{ meq/l}$$

$$\text{HCO}_3^- = 4,29 \text{ meq/l}$$

$$\text{NO}_3^- = 0,37 \text{ meq/l}$$

Le facies chimique P6 Bicarbonatée sodique

3) P17

$$\text{Ca}^{2+} = 2,15 \text{ meq/l}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 5,83 \text{ meq/l}$$

$$\text{Na}^+ = 1,95 \text{ meq/l}$$

$$\text{K}^+ = 0,07 \text{ meq/l}$$

$$\text{Cl}^- = 1,69 \text{ meq/l}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 1,87 \text{ meq/l}$$

$$\text{HCO}_3^- = 5,44 \text{ meq/l}$$

$$\text{NO}_3^- = 0,33 \text{ meq/l}$$

Le facies chimique P17 Bicarbonatée magnésienne

$$\text{Pourcentage} = \left| \frac{\Sigma \text{Anions} - \Sigma \text{Cations}}{\Sigma \text{Anions} + \Sigma \text{Cation}} \times 100 \right| \%$$

Tableau 13 : résultat de Balance ionique

Puits	P5	P6	P17
$\Sigma$ Cations	5,14 meq/l	7,96 meq/l	10 meq/l
$\Sigma$ Anions	4,89 meq/l	7,92 meq/l	9 meq/l
Balance Ionique	2,76 ‰	0,25 ‰	3,52 ‰

La Balance ionique dans P5, P6, P17 inférieure 6 donc les analyses sont acceptées.

**Conclusion**

Les eaux de la nappe inféroflux d'Abalessa sont d'une bonne potabilité, elles sont peu minéralisées et les échanges chimiques entre la nappe et l'encaissant sont faibles.

Le facies bicarbonate est dominant ce qui les eaux sont relativement récentes et renouvelées.

Les températures des eaux sont proches de celles de l'air ambiant (20,8 à 27,5 °C)

Le PH, révèle des eaux basiques

La conductivité varie entre 309 et 950  $\mu\text{S} / \text{cm}$ .

## Conclusion générale

L'Abalessa est située au Hoggar central, et appartient à un grand ensemble géologique connu sous le nom de socle précambrien ou pré-tassilien.

Le climat est celui de la région Abalessa par des faibles précipitations, des très faibles taux d'humidité relative, des températures de l'air très élevées.

Les études précédentes limitées à quelques Oueds dans certaines zones permettent des quantifications des réserves et des ressources en eau. En outre, ces bassins peuvent représenter les plus importantes zones de recharge actuelle des eaux souterraines dans le Hoggar.

La formation d'aquifère de la nappe des alluvions d'inféroflux constitue roches essentiellement gneiss, gneiss altéré, graviers, sables grossiers, sables fin limoneux.

Les eaux de la nappe inféroflux d'Abalessa sont d'une bonne potabilité, le faciès bicarbonaté est dominant, elles sont peu minéralisées et les échanges chimiques entre la nappe et l'encaissant sont faibles.

## BIBLIOGRAPHIE

(1) **Blanguernon .C (1976)** : La Hoggar- Arthaud- paris.

(2) **Benmalek. M, Kacemi. A (1993)** : Etude hydrogéologique de l'inféoflux de la nappe alluviale (Amont) de l'oued Outoul (Ahaggar central – W.Tamanrasset)

(3) **E.N.HYD.(2003)** : Etude barrage Abalessa wilaya de Tamanrasset. Etude d'Exécution rapporte géologique. Rapport inédit.

(4) **E.N.H.P.C, (1994)** : Etude d'aménagement wilaya de Tamanrasset. Etude géologie mission-1-, Rapport inédit.

(5) **E.N.HYD. (2002)** : Etude d'un barrage inféoflux sur l'oued Abalessa. Rapport inédit.

(6) **S.E.D.A.T. (2004)** : Etude du système d'épuration des eaux usées et Leur réutilisation de la ville d'Abalessa. Rapport inédit.

(7) **Bertrand.J.M.L(1974)** : Evolution polycyclique des gneiss Précambriens de l'Aleksod (Hoggar, Sahara Algérien)

(8) **Borelli – Vuckovic (1969)** : Procédé de dépouillement des essais de pompage (UNESCO-Bureau hydrogéologique, Ouargla)- DHW.TAMANRASSET.

## ***Résumé***

Le présent travail est une contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe inféroflux dans la région d'Abalessa.

Dans la vallée d'Abalessa, les alluvions forment deux terrasses étagées constituées des roches essentiellement gneiss, gneiss altéré, graviers, sables grossiers, sables fin limoneux.

Les essais de pompage au niveau de la nappe inféroflux, a donné un coefficient de perméabilité varie de 66 à 44.4 m / j, la transmissivité de 970 à 1016 m<sup>2</sup> / j.

L'évaluation hydrochimique de la nappe inféroflux de la région d'Abalessa a porté sur le prélèvement de 6 échantillons d'eau qui ont fait l'objet d'analyses chimiques avec détermination des teneurs des éléments majeurs et le nitrate, la conductivité électrique et le pH. Ces analyses montrent que les eaux de la nappe inféroflux d'Abalessa sont d'une bonne potabilité.

**Mots clés** : eau, nappe phréatique , alluvions,

### **Summary**

This work is a contribution to the hydrogeological study inféroflux Abalessa water in the region.

Abalessa in the valley alluvium form two tiered terraces consist of mainly gneiss rocks, altered gneiss, gravel, coarse sand, fine sand loam.

Pumping tests at the inféroflux water, gave a coefficient of permeability varies from 66 to 44.4 m / d, the transmissivity A1016 970 m<sup>2</sup> / d.

The hydrochemical assessment inféroflux slick Abalessa the region has focused on the removal of six water samples were subjected to chemical analysis to determine the concentrations of major elements and nitrate, electrical conductivity and pH. These analyzes show that the waters of inféroflux Abalessa web are a good drinkability.

Keywords: water, groundwater, silt,